



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

Gestion de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los
KPI de linea de envasado Tetra Pak de Arcacontinental-Lindley planta
Zarate 2018

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELÉCTICISTA

AUTOR

Mark Lee Bujaico Matamoros

Frank Cantera Sarmiento

ASESOR

Ing. Martin Sifuentes Hinostroza

LINEA DE INVESTIGACION

Sistemas y planes de mantenimiento

TRUJILO – PERU

2018

Ing. Jorge Enciso

PRESIDENTE

Mgt. Martin Sifuentes Hinostroza

SECRETARIO

Dr. Jorge Eduardo Lujan López

VOCAL

DEDICATORIA

A mi madre

Josefina, y hermanos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien

A mi esposa Liliana y mis hijas

Marysabel y Francesca por su amor, comprensión y paciencia y a quienes les robe horas de dedicación en mi superación profesional

A toda la familia, por parte de mi esposa por ese apoyo incondicional en todo momento, en especial a mis suegros Don Agustín Cruz y Doña Isabel Monzón a Lucho, Cesar, Alfredo y Javier por ser inspiración para alcanzar grandes metas y por lo que representa para mí, ser parte de esta gran familia.

Frank

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por la vida y por la de mi familia, porque jamás nos dejaron solos y ser nuestra fortaleza para cumplir nuestros anhelos. Un agradecimiento especial a nuestro asesor de tesis, el Mgt Martin Sifuentes Hinostroza, por sus sugerencias que nos han permitido tener enseñanzas en toda la realización de esta tesis, a los docentes que nos ayudaron en la ejecución exitosa de este proyecto. A la Universidad Cesar Vallejo que han permitido nuestra formación a lo largo de toda la carrera.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Frank Rommel Cantera Sarmiento con DNI N° 33262736, y Mark Lee Bujaico Matamoros con DNI N° 45130811 , a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es veraz y auténtica

Asimismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2018

Frank R. Cantera Sarmiento
DNI: 33262736

Mark L. Bujaico Matamoros
DNI: 45130811

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grado y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Gestión de Mantenimiento Basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de la línea de envasado tetra pack de Arca Continental-Lindley planta Zarate 2018”, la misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Los autores

INDICE

Página del Jurado.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	1
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	2
PRESENTACIÓN	3
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Realidad problemática	11
1.2 Trabajos previos.....	11
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	15
1.3.1 La gestión de activos.....	15
1.3.2 Sistema de gestión de mantenimiento.....	15
1.3.3 PAS y características del PAS 55 en mantenimiento.....	15
1.3.4 Mantenimiento	16
1.3.5 Indicadores en mantenimiento	17
1.3.6 Análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF).	18
1.3.6.1 Requerimientos en el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)	19
1.3.6.2 Identificación de funciones y fallas.	19
1.3.6.3 Efecto de falla.....	19
1.3.6.4 Ocurrencia.	19
1.3.6.5 Severidad.	20
1.3.6.6 Criticidad	22
1.4 Formulación del problema	25
1.5 Justificación de estudio	25
1.6 Hipótesis	26
1.7 Objetivo	26
1.7.1 Objetivo General	26
1.7.2 Objetivos Específicos.....	26
II. METODO	27
2.1 Tipo de estudio:	28
2.2 Diseño de investigación:	28
2.3 Variables y Operacionalización	28

2.3.1. Variable independiente.....	29
2.3.2. Variable dependiente.....	29
2.4. Población y muestra.....	30
2.4.1. Población:	30
2.4.2. Muestra:.....	30
2.5 Técnicas e herramientas de recaudación de datos, validez y confiabilidad	30
2.6 Métodos de observación de datos:	30
2.7 Aspectos éticos:	30
III. RESULTADOS	31
3.1. Fallas funcionales, modos de fallas y sus posibles efectos, consecuencias en los sistemas y subsistemas de los equipos de las líneas de envasado Tetra Pak.	48
3.1.1. Determinar la criticidad de los equipos de la línea de TBA22.	48
3.1.1.1. Análisis de equipo y subsistemas.	48
3.1.1.2. Desarrollo del análisis de criticidad de equipo	49
3.1.1.3. Resultado del análisis de criticidad de equipo.....	58
3.1.2. Analisis de modo efecto de fallas de equipos en analisis de criticidad.	67
3.1.2.1 Mantenimiento basado en el analisis de modos y efectos de fallos.....	68
3.1.2.2 Número de prioridad de riesgos	77
3.2. Plan de mantenimiento de la línea TBA22.....	79
3.2.1 Plan de mantenimiento preventivo:.....	80
3.2.2 Plan de mantenimiento autónomo.....	83
3.2.3. Indicadores del mantenimiento en estado de mejora con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad basado en el AMEF	85
3.3. Analisis económico usando sistema de mantenimiento entrado en la confiabilidad....	86
3.3.1. Beneficios económicos en reducción de horas pérdidas:	86
3.3.2. Costos para la implementación del mantenimiento autónomo/predictivo	86
3.4.3. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo	87
3.4.4. Beneficio útil:.....	88
3.4.5. Inversión en tecnología en implementación del RCM basado en el AMEF	88
3.4.6. Retorno operacional de la inversión.....	88
IV. DISCUSION	95
V. CONCLUSIONES	98
VI. RECOMENDACIONES	101
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	106
A. ANEXO DE TABLAS	107

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterio de evaluación y clasificación de la ocurrencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 Criterios de evaluación de criticidad.....	24
Tabla 4 Eficiencia mecánica (EM) por mes.....	35
Tabla 5 Resumen de base de datos del sistema de incidencias por mes.....	37
Tabla 6 Tiempo medio entre fallas (MTBF) mensual.....	38
Tabla 7 Tiempo medio en reparación (TMPR) mensual.....	39
Tabla 8 Resumen de datos de disponibilidad mensual.....	41
Tabla 9 Disponibilidad mensual.....	42
Tabla 10 Resumen de datos de confiabilidad mensual.....	42
Tabla 11 Resumen de datos SAP según movimientos de mercancías.....	43
Tabla 12 Resumen de compras según generación de orden SAP.....	44
Tabla 13 Resumen de compras según generación de orden SAP.....	45
Tabla 14 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Enero.....	50
Tabla 15 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Febrero.....	50
Tabla 16 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Marzo.....	51
Tabla 17 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Abril.....	54
Tabla 18 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Mayo.....	55
Tabla 19 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Junio.....	55
Tabla 20 Criterios de evaluación.....	57
Tabla 21 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Enero.....	58
Tabla 22 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Febrero.....	59
Tabla 23 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Marzo.....	60
Tabla 24 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Abril.....	61
Tabla 25 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Mayo.....	62
Tabla 26 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Junio.....	63
Tabla 27 Resumen de criticidad evaluación semestral.....	65
Tabla 28 Equipos críticos Clasificados.....	67
Tabla 29 de información de la ENVASADORA del Tetra pack.....	68
Tabla 30 Tabla de información de la Agrupadora TBA 22.....	71
Tabla 31 Tabla de decisión por falla crítica de la línea de producción TBA22.....	74
Tabla 32 Análisis del Número de prioridad de riesgos.....	78
Tabla 33 Tiempos y cantidad de fallas promedios.....	85
Tabla 34 Beneficio en reducción de horas perdidas la línea de producción TBA22.....	86
Tabla 35 Costos en mantenimientos autónomo / predictivo en la línea de producción TBA22 ...	86
Tabla 36 Costos en mantenimiento preventivo en la línea de producción TBA22.....	87
Tabla 37 Resumen de los costos de mantenimiento.....	88
Tabla 38 Inversión en activos fijos.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lista jerarquizada de criticidad.....	23
Figura 2 Incidentes en planta	32
Figura 3 detalle de paradas en tiempo real	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4 Eficiencia mecánica (EM) por mes.....	35
Figura 5 Tiempo medio entre fallas (MTBF) mensual.....	38
Figura 6 Tiempo medio para reparar (TMPR) mensual.....	40
Figura 7 Resumen de datos de disponibilidad mensual.	41
Figura 8 Resumen de datos de confiabilidad por mes.....	43
Figura 9 Resumen de datos SAP según movimientos de mercancías.	44
Figura 10 Resumen de compras según generación de orden SAP	45
Figura 11 Resumen de datos SAP según gastos mensuales.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12 Resumen de criticidad evaluación semestral.	66
Figura 13 Resultado de número de prioridad de riesgos.....	79
Figura 14 Estructura de plan de mantenimiento de la envasadora TBA22	80
Figura 15 Componentes del plan de mantenimiento de cámara aséptica de la envasadora TBA22	81
Figura 16 Componentes del plan de mantenimiento del sistema de llenado envasadora TBA22....	82
Figura 17 Estructura de plan de mantenimiento autónomo de la envasadora TBA22	83
Figura 18 Inspección y limpieza de los rodillos de la cámara aséptica envasadora TBA 22.....	84

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la mejora que brinda la aplicación en los indicadores desempeño (KPI), es que se desarrolló la tesis titulada “Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de la línea de envasado Tetra Pak de Arcacontinental-Lindley Planta Zarate 2018. El estudio realizado fue pre experimental, con un diseño pre y post prueba con una sola línea de producción. Se utilizó la información recabada de la base de datos del sistema de incidencias de la línea de envasado Tetra Pak Planta Zarate en el periodo comprendido entre enero y octubre del año 2018.

La información evaluada fue parte de la base de datos de la empresa, la cual fue evaluada usando la estadística descriptiva y analítica, para demostrar si existe diferencia significativa de los resultados cuando se hacen uso de los indicadores de desempeño (KPI) en función de la Eficiencia mecánica (EM), Tiempo medio entre fallas (MTEF) , Tiempo medio para reparar (TMRP), Disponibilidad (D), Indicador de confiabilidad (C), KPI del presupuesto mensual de respuestos y KPI del presupuesto mensual de servicios, en la eficiencia de funcionamiento de la línea de envasado. Los resultados obtenidos mostraron que el tiempo medio para reparación (MTTR) de la empresa previo al análisis era de 34 Hrs/mes, pero que tras el uso de los KPI se logró una mejora de 15.11 Hrs/mes, lo que significó un ahorro de 94809.00 s/año, demostrando que el uso de dichos indicadores de gestión basados en la confiabilidad permitieron incrementar la eficiencia del funcionamiento de la línea de envasado Tetra Pak en el periodo de enero a octubre del 2018,

Palabra clave: Gestión, confiabilidad, mantenimiento, envasado.

ABSTRACT

In order to evaluate the improvement offered by the application in the performance indicators (KPI), the thesis entitled “Reliability-based maintenance management to increase the KPIs of the Tetra Pak packaging line of Arcacontinental-Lindley Plant was developed Zarate 2018. The study was pre-experimental, with a pre and post test design with a single production line. The information collected from the database of the start-up system of the Tetra Pak Planta Zarate packaging line was used in the period between January and October of 2018.

The information evaluated was part of the company's database, which was evaluated using descriptive and analytical statistics, to demonstrate whether there is a significant difference in the results when using the performance indicators (KPI) based on the Mechanical efficiency (EM), Average time between failures (MTEF), Average time to repair (TMRP), Availability (D), Reliability indicator (C), KPI of the monthly budget of spare parts and KPI of the monthly budget of services, in the operating efficiency of the packaging line. The results obtained showed that the average time for repair (MTTR) of the company prior to the analysis was 34 Hrs / month, but after the use of KPIs an improvement of 15.11 Hrs / month was achieved, which meant a saving of 94809.00 s / year, demonstrating that the use of such management indicators based on reliability allowed to increase the efficiency of the operation of the Tetra Pak packaging line in the period from January to October 2018,

Keyword: Management, reliability, maintenance, packaging.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La empresa peruana Lindley se ubica en la av. Javier Prado N° 6210 Urb. Rivera de Monterrico- La Molina en Lima –Perú y se dedica al rubro de bebidas y alimentos en Latinoamérica. En la actualidad cuenta con 8 plantas de productos carbonatados, isotónicas, energizantes, aguas y jugos, siendo la planta de marca de Frutos del Valle, la única dedicada al envasado de néctar a base de pulpas. El proceso industrial se desarrolla a través de 03 etapas que son proceso, envasado y distribución, siendo los equipos utilizados de la marca TETRA PAK, que es una empresa dedicada al suministro de materia prima, equipos y al mantenimiento preventivo de los mismos.

En el 2016 la jefatura de mantenimiento de la planta Frutos decide la cancelación de los contratos de mantenimiento preventivos y predictivos con la empresa TETRA PAK dueños de los equipos de toda la cadena de elaboración de bebida Frutos del Valle y decide realizar el mantenimiento con el propio personal de Arca Continental-Lindley, pero sin un plan de mantenimiento elaborado que permita el mantenimiento en base a inspecciones periódicas. Este proceso de cambio generó a que se tenga una caída en los indicadores principales claves de desempeño, de la planta (eficiencia mecánica, MTBF, MTTR y confiabilidad).

El incumplimiento en las metas de los KPI de la planta, generadas por diferentes fallas no programadas, originan que la empresa no esté siendo competitiva. Para afrontar esta problemática se propone efectuar un sistema RCM, lo que nos facilitará establecer las fallas potenciales en cada uno de los equipos y la identificación oportunamente antes que se presenten para poder elevar los KPI de la planta.

1.2 Trabajos Previos

A nivel internacional

Según Goti, E., Egaña, M. y Iturritxa, A., (2008), en su artículo “El estado del mantenimiento industrial en España”, hace referencia en base a encuestas realizadas entre los años 2005 y 2008, a la relación actual del mantenimiento industrial y el uso de herramientas soporte, para la toma de decisiones. En base a la información obtenida observan que primordialmente las industrias se han enfocado en realizar mantenimiento correctivo y que además alrededor del 50% de ellas han desarrollado un sistema de gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO), que no ha

sido adecuadamente aprovechado, por cuanto no ha sido utilizado para la gestión sistematizada de las actividades de mantenimiento, el cual es más efectivo en el proceso preventivo-correctivo

Según Schmidt, B. y Wang, L., (2018), en su artículo “Predictive maintenance of machine tool linear axes: A Case from manufacturing industry”, existe diversas herramientas que permiten obtener gran cantidad de información, pero sin embargo, el problema radica en la obtención de información relevante así como en la capacidad que se tiene para procesarla de forma adecuada y sobre todo que sea útil. Propone que el soporte para la toma de decisiones en lo referente al mantenimiento debe utilizar diferentes fuentes, siendo aspectos claves para su concepción, la evaluación y selección del método de procesamiento. Hace referencia a la importancia de la estimación de los indicadores clave de rendimiento (KPI), por cuanto permiten relacionarlas a largo plazo, con las averías no planificadas. En su investigación utilizaron modelos estadísticos de fallas y mantenimiento, tomando como base las condiciones (CBM), lo cual implicó evaluar a una población de 29 máquinas similares y con un periodo de tiempo de funcionamiento mayor a 4 años con el enfoque de procesamiento propuesto, que utiliza modelos que simulan el efecto a largo plazo, considerando los indicadores KPI seleccionados para las diferentes operaciones a realizar. Sus resultados reportaron que se logró una reducción de costos del 40% respecto a un enfoque óptimo basado en el tiempo.

Chioua, M., et al., (2015), en su artículo “Plant-wide root cause identification using plant key performance indicators (KPIs) with application to a paper machine” (Chioua et al, 2015), propuso un enfoque de arriba hacia abajo para el control y monitoreo, puesto que la ventaja de los trabajos de arriba hacia abajo es que se enfoca en alteraciones perturbadoras que afectan el desempeño del proceso de forma cuantificable. Eliminar una perturbación en un KPI puede ser directamente relacionado con el impacto que tuvo en el KPI. Ambos enfoques bidireccionales tienen sus méritos, sin embargo el enfoque de arriba hacia abajo es esencialmente un enfoque "sintomático", mientras que un enlace entre la degradación de activos y la degradación de KPI está garantizada, la degradación de KPI debe estar presente en el conjunto de datos analizados para encontrar su causa raíz, lo que lleva a un análisis

"post mortem". Un enfoque de abajo hacia arriba, por otro lado, permite la detección de la degradación de activos antes de que afecte significativamente un KPI de proceso. Sin embargo, no contiene información sobre el vínculo entre estas dos degradaciones y, por lo tanto, no puede estimar el beneficio económico. El trabajo futuro debe estar dirigido a encontrar la mejor combinación de ambos enfoques, por ejemplo, el enfoque de arriba hacia abajo puede ser utilizado para generar escenarios a un "algoritmo de aprendizaje" que permite progresivamente un enfoque de abajo hacia arriba para aprender posibles fuentes de degradación de KPI. Ambos enfoques pueden trabajar juntos y, con suerte, resaltarán la misma causa raíz.

A nivel nacional

Briceño, C., (1995), en su investigación “ Sosténimiento preventivo de los equipos complementarios de la Planta de Vapor T-6”, resalta la importancia de las medidas correctivas para mantener y proteger las maquinas en condiciones minimas normales evitando asi las paradas o fallas que muchas vees pueden ser muy prolongadas tanto en maquinaria como en instalaciones industriales, representando por tanto un factor clave para extender no solo la calidad de los productos, sino la disminucion de los costos.

Perez, R., y Tuesta, J., (2014), en su investigación “*Plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos pesados de la Empresa Obrainsa*”, realizó un levantamiento de informacion sobre el uso de la maquinaria en la empresa, para posteriormente realizar un analisis, seleccionando como informacion relevante y de vigilancia a las características, tipo de averías e indicadores de mantenimiento. Posteriormente se diseño la metodología para determinar el tipo y forma de la investigación enfocandose en la gestión de mantenimiento, se desarrollo un estudio sobre la confiabilidad de las maquinas prioritarias encontrandose que estaban por debajo de 88% de disponibilidad y que las averias por deterioro eran la causa de fallas de los equipos críticos. Tambien se analizaron las causas que generan averias y con esa base, se plantearon actividades que logren la ocurrencia de las fallas de las maquinas críticas. También se evaluaron la posibilidad optimizar el plan de mantenimiento. De lo obtenido se identifico las oportunidades de mejora en los problemas de gestión de la compañía de cada uno de los problemas hallados .

A nivel local

En la investigación titulada “Sistema de sostenimiento en la pilastra de estrellas monotec del equipo soplador, para mejorar la producción de bebidas gasificadas de la empresa Compañía Lindley S.A. Trujillo”, (Rodríguez, 2017), analiza mecanismos críticos para el mantenimiento, las fallas repetitivas en la máquina PET y el Plan de Mantenimiento con programaciones de intervalos de tiempo (horas) y la correspondiente evaluación técnico económica.

Al aplicar cuadros comparativos de indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad; determino que luego de la aplicación del sistema de mantenimiento, hubo una variación del 88% a 91%, de 83.5% a 89.15% y de 25 a 15 horas respectivamente, siendo el costo total de operación de 87.74 soles a 68.34 soles, concluyendo que se lograron mejorar las cifras de indicadores de mantenimiento, reducir tiempos muertos, aumentar la vida útil y reducir los costos de operación empresariales.

En la tesis titulada “Gestión de sostenimiento en los transportadores de los cajones de cerveza del perfil de embotellado N° 3 en una planta embotelladora de bebidas de la ciudad de Motupe. Trujillo-Perú”, (Zapata, 2017) , establece que la gestión de mantenimiento propuesta, tiene como finalidad determinar procedimientos y operaciones que ayuden a mejorar los períodos por parada en los transportadores; realizando primero un diagnóstico actual de la situación de los equipos que contribuyen a este proceso. El diagnóstico radica en conocer todos los fallos de cada componente o subcomponente, determinando si ha habido algún trabajo de mantenimiento preventivo, según su historial, establecer cómo el área ha determinado como proceder en las labores a inicio y final de haber fallado. La gestión de mantenimiento inicia con los lineamientos de compra de los repuestos y componentes, la auditoría realizada al mantenimiento, la generación de reportes, verificación, solicitudes, avisos de mantenimiento, órdenes de mantenimiento, inventarios de equipos y servicio. Guías de mantenimiento (KPI) se han diseñado con información de la base de datos de las máquinas, determinando la disponibilidad, la mantenibilidad, la confiabilidad, los tiempos generados de fallas, y criticidad, confiabilidad; la empresa se encuentra actualmente enfocada al proceso de

elevación de la cerveza que a los componentes que los conforman. (Zapata Sanchez, 2017)

1.3 Teorías Relacionadas al tema

1.3.1 La Gestión de Activos

Se puede entender como un conjunto de actividades coordinadas de forma sistémica que tiene por finalidad la administración sustentable y óptima de sus bienes y activos, así como de sus gastos y riesgos durante su ciclo de vida. Su propósito es lograr una estrategia organizacional. (Bedoya Rios, 2014, pág. 10)

1.3.2 Sistema de gestión de mantenimiento

Se refiere a la forma en que se administran las actividades solicitadas para lograr los lineamientos de la compañía, para lo cual se hace uso del ciclo de Deming. Es un mecanismo importante que permite garantizar el costo/beneficio, la sustentabilidad, gestión de riesgo, planificación, enfoque al cliente sean implementados en la rutina diaria proyectos de capital, mantenimiento, operaciones.

1.3.3 PAS y características del PAS 55 en mantenimiento.

El PAS siglas en inglés que significan “Especificaciones Disponibles al Público”, (Publicly Available Specification), posee unas características que lo hacen muy atractivo para empresas corporativas al generar una lista de requisitos que se deben cumplir, en términos optimización del manejo de ciclo de vida, costos, riesgos, información, etc., estableciendo un sistema sencillo de auditoría de cumplimiento y benchmarking interno. Su estructura es similar a otras normas ISO y se basa en el ciclo de Deming: planificar verificar, hacer, planificar y actuar. Consta de requerimientos de gestión de activos con las siguientes características:

- Se aplica a nivel industrial y de servicios de activos o de infraestructura.
- No es prescriptiva, quiere decir que no sugiere ningún tipo de práctica ni tecnología en particular.
- No consiste solo actividades de mantenimiento, tampoco de ingeniería ni de operación de activos, consiste en disciplina que engloba estas tres fortalezas bajo una sola visión.

- No es un tema de reducir costos, o disminuir riesgos o maximizar el desempeño, se debe tener de manera óptima el desempeño costo y riesgo.
- Se considera el ciclo total desde la compra de los activos hasta su retiro/remodelación, habiendo pasado por las etapas de la ingeniería, mantenimiento y operación.

1.3.4 Mantenimiento

Podríamos definirlo como un conjunto de actividades que tienen por finalidad el mantener o restaurar un equipo a las condiciones en la cual, pueda cumplir con las funciones asignadas. El conjunto de actividades incluyen la combinación de acciones técnicas y administrativas, lo que genera áreas especializadas como mantenimiento industrial e ingeniería en mantenimiento mecánico. Existen 5 tipos de sostenimiento o Mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo:** Grupo de operaciones que permiten solucionar las averías o defectos que van ocurriendo en los equipos y que son informadas por los operadores de los equipos.
- Mantenimiento predictivo:** Aquel que permite conocer las condiciones de funcionamiento en que se encuentra los equipos, para lo cual utiliza instrumentos de medición para su constante monitoreo. Los cambios de estos puede ser a originado de problemas que van apareciendo en las maquinarias.
- Mantenimiento “Cero horas”:** Aquel que se realiza cada cierto tiempo en intervalos programados para evitar averías que podrían ocasionen paradas.
- Mantenimiento en uso:** Actividades básicas que realiza el operador y para las cuales no es imprescindible una formación técnica, pero si un entrenamiento.
- Mantenimiento preventivo:** es un concepto que involucra los sgtes. tipos:
 - ***Mantenimiento basado en el tiempo (MBT)*** Es planificación de tareas de mantenimiento de los equipos de forma periódica. Es el mantenimiento habitual que se realiza durante el funcionamiento del equipo.
 - ***Mantenimiento basado en las condiciones (MBC):*** Planificación del control a realizar sobre los equipos y accesorios, que permiten

garantizar las condiciones básicas para una actividad correcta y puedan anticipar de posibles fallas.

- **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)** o *Reliability Centred Maintenance*, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica para crear un plan de mantenimiento que es un producto final de análisis que se debe efectuar en las instalaciones industriales. Su objetivo principal es reducir el tiempo de parada de maquinarias por averías imprevistas que impidan lograr con los planes de producción. (Juan, 2007).

1.3.5 Indicadores en mantenimiento

Se detalla los indicadores más importantes que se usan en el área de mantenimiento. Se recalca que no todos los indicadores son necesarios: entre todos ellos habrá que identificar aquellos que sean realmente útiles, aquellos que aporten información, para evitar convertirlos en una larga lista de datos. Además, hay que tener en cuenta que en la mayoría de las situaciones es necesario adaptarlos a cada planta, realizando pequeñas modificaciones que logren que los indicadores elegidos estén perfectamente adaptados a las necesidades concretas de información de una planta.

a. Disponibilidad por averías, Intervenciones no programadas:

La disponibilidad por falla no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de las máquinas. Tal como en el caso anterior, es mejor calcular la media aritmética de la disponibilidad por falla, para poder ofrecer un dato real.

MTBF (Mid Time between Failures, tiempo medio entre fallos)

Nos permite entender la frecuencia con que suceden las averías:

$$MTBF = \frac{H}{\frac{\sum p_i}{m} + p}$$

MTTR (Mid Time To Repair, tiempo medio de reparación)

Nos muestra lo importante de identificar las fallas que se originan en un equipo teniendo en cuenta el tiempo medio hasta que se solucione.

$$MTTR = \frac{\text{Nº de horas de paro por avería}}{\text{Nº de averías}}$$

Cálculo matemático :

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

(Garcia Garrido, 2012)

b. Confiabilidad.

La confiabilidad se puede definir como la “confianza” que se tiene de que un repuesto, máquina o sistema cumpla con su función básica, durante un lapso de tiempo preestablecido, bajo condiciones y estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es la probabilidad de que un repuesto pueda desempeñar su función requerida entre un intervalo de tiempo predeterminado y bajo condiciones de uso ya definidas. La confiabilidad de un equipo o repuesto puede ser vista a través de la expresión:

$$C(t) = \left(e^{\frac{-\lambda \cdot T}{1}} \right) * 100\%$$

Dónde:

$C(t)$: Confiabilidad (%)

TTP : Tiempo total de estudio (hrs).

λ : Tasa de fallas $\left(\frac{F}{H} \right)$.

Y se expresa:

$$\lambda = \frac{1}{M}$$

1.3.6 Análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF).

Es un ciclo que permite determinar las averías más probables del diseño antes de que estas se presenten. Su objetivo es eliminar o disminuir el riesgo y puede

ser usado como método analítico uniformizado para identificar y eliminar problemas de manera sistemática. Su aplicación requiere una serie de pasos:

1.3.6.1 Requerimientos en el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

- Un grupo de personas con un compromiso de mejorar la capacidad del diseño .
- Diagramas bloque y esquemáticos de cada nivel del proceso, desde el subconjunto hasta sistema conjunto completo.
- Especificaciones de los componentes.
- Especificaciones funcionales de módulos, subconjuntos.
- Especificaciones de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- Formas de AMEF y un cuadro de atenciones especiales aplicables a los productos.

1.3.6.2 Identificación de funciones y fallas.

Cuando el objetivo del análisis se ha definido, el próximo paso en el sistema del AMEF es identificar actividades. Una actividad es el objetivo para la cual fue diseñada o seleccionado un equipo o proceso. Si es de un sistema las funciones o trabajos deben ser también identificadas. Los modos de avería permitidos o las categorías de averías pueden ser identificados relatando la forma en la cual el producto o proceso falla. Se consideran 5 categorías posibles de falla:

- Falla total
- Falla parcial
- Falla intermitente
- Falla antes de tiempo.
- Falla por sobre exigencia o sobrecarga de la función.

1.3.6.3 Efecto de falla.

Cuando las funciones y modos de fallas han sido determinados, el siguiente paso en el proceso en el AMEF es determinar las consecuencias cuando se presente un modo de avería. Esto se lleva a través de lluvia de ideas con el equipo de personas.

1.3.6.4 Ocurrencia.

Se determina como la probabilidad de que una causa en especial exista y ocasione un modo de avería durante el periodo de trabajo del equipo. Su valoración normalmente utiliza una escala de 1 a 10, tal como se muestra en la tabla N° 1:

Tabla 1 Criterio de valoración y clasificación de la ocurrencia

Posibilidad de fallo	Frecuencia de fallos	Nivel
Muy alta: La falla es casi inevitable.	Diaria	10
	Semanal	9
Alta: La falla es habitual, o está relacionada a fallas repetitivas en otros procesos.	Mensual	8
	Cada 2 meses	7
Moderado: La falla es ocasional, o está asociada a fallas ocasionales en otros procesos.	Cada 3 meses	6
	Cada 6 meses	5
	Anual	4
Bajo: Falla aislada en el proceso.	Cada 2 años	3
Muy baja: La falla está asociada a fallas aisladas en otros procesos.	Cada 5 años	2
Remota: La falla es improbable.	Mayor a 5 años.	1

Fuente: Externa (concepto planes de mantenimiento)

1.3.6.5 Severidad.

La primera acción para determinar el riesgo es medir la severidad de los efectos, de los cuales se miden en una escala de 1 a 10, donde 10 el nivel más severo y el nivel 1 el menos severo, se entiende que las consecuencias se mostrarán cuando el modo de avería ocurra, por lo tanto el efecto más grave tiene precedencia cuando se determina el riesgo.

Para definir la severidad es necesario considerar si la falla irrumpe o no en la operación, si es que impacta en la calidad del producto, si ocurre con anticipación o no y algo importante como es el impacto de la operación segura de los equipos. En la tabla N° 2 se muestran los criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF.

Tabla 2 Criterios de evaluación y clasificación de severidad de los efectos del AMEF.

Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla ocurrirá sin previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis. Se incumple con alguna regulación gubernamental.	10
Peligroso con aviso	La falla ocurrirá con previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis. Se incumple con alguna regulación gubernamental.	9
Muy alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento.	8
Alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento.	7
Moderadamente alto	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere ligera intervención del operador para su correcto funcionamiento.	6
Moderado	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere fuerte intervención del operador para su correcto funcionamiento.	5

Bajo	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere moderada intervención del operador para su correcto funcionamiento.	4

Fuente: Externa (concepto modo y efecto de fallas)

1.3.6.6 Criticidad

Es cuando el estado de una reacción de cadena mediana cuando la reacción en cadena es autosostenible (o crítica), esto es, cuando la reactividad es nula. El término puede ser usado en los estados en los que la reactividad es superior que cero. El término también fue usado por un universitario conocido como "El acudido" en un famoso debate de sociología, el estudiante asevero que criticidad "es la capacidad del individuo de ser crítico", se cree que esta inspiración "divina" fue generada por la falta de su acudiente.

Análisis de criticidad

Es una metodología que nos permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de agilizar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los puntos de evaluación y seleccionar una metodología de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis

El objetivo de un análisis de criticidad es implantar un método que sirva de instrumento de ayuda en la decisión de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en partes que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está relacionada al número de eventos o averías que presenta el sistema o proceso calificado y, la consecuencia está relacionada con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de mantenimiento y los impactos en seguridad y ambiente. En relación de lo antes expuesto se determinan como criterios principales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente

- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio reparación
- Frecuencia de falla

Un modelo básico de un análisis de criticidad, es equivalente al mostrado. El establecimiento de criterios se fundamenta en los seis criterios principales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se eligen criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación.

Para la aplicación de un procedimiento determinado se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se ha diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se logre del análisis.

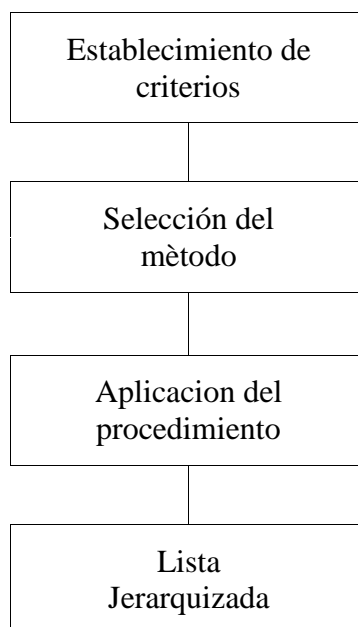


Figura 1. Lista jerarquizada de criticidad

Fuente: Elaboración propia

Iniciar un análisis de criticidad tiene la mejor aplicabilidad, se han encontrado al menos una de las siguientes necesidades:

- Determinar prioridades en sistemas complejos
- Administrar recursos escasos
- Crear valor
- Evaluar impacto en el negocio
- Usar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad se usa en cualquier conjunto de máquinas, plantas y sistemas que requieran ser jerarquizados en relación de su impacto en el proceso donde formen parte de sus áreas comunes de aplicación se dirigen a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

Tabla 3 Criterios de evaluación de criticidad

Criterios		Puntaje
1	Frecuencia de Falla	
	Menos de 1 Falla por año	1
	Entre 1 y 6 Fallas por año	2
	Entre 6 y 12 Fallas por año	3
	Entre 12 y 52 Fallas por año	4
	Mayor a 52 Fallas por año	6
2	Impacto operacional	
	Parada total del equipo	10
	Parada subsistema y tiene repercusión sobre otros	7
	Impacta en niveles de calidad	4
	No genera ningún efecto significativo	1
3	Flexibilidad	
	No hay producción y no hay función de repuesto	4
	Hay opción de repuesto almacén	2
	Existe opción de producción	1
4	Tiempo promedio para reparar (TPPR)	
	Menos de 3 horas	1
	Entre 3 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	Más de 24 horas	6
5	Costo de mantenimiento	
	Menos de 1 MBS	2
	Entre 1 y 10 MBS	5
	Más de 10 MBS	10
6	Impacto seguridad	
	Afecta seguridad Humana	8
	Afecta instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores	3

	No provoca daños a personas o instalaciones	0
7	Impacto ambiente	
	Si	7
	No	0

Fuente: Externa (concepto de criticidad)

1.4 Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad incrementara los KPI de mantenimiento en las líneas de envasado Tetra Pack de la empresa Arca Continental Lindley, planta Zarate?

1.5 Justificación de estudio

La presente investigación tiene una justificación técnica porque las averías contantes de los mecanismos de los distintos procesos pueden eliminarse siempre encuando se logre que las fallas imprevistas sean cada vez menos frecuentes, y de menor tiempo de duración , al momento de ejecutar los mantenimientos programados se debe contar la logística a nivel suministro de repuesto. actividades propias de mantenimiento ,reporte de fallas y los tiempos de parada de los mecanismo terminan afectando a todo el proceso.

Se justifica económicamente porque la fábrica de envasado de productos termo sensibles, tiene metas diarias y mensuales en cuanto a volúmenes de producción de cajas unitarias, en el caso que la producción no se terminen, debido a las paradas intempestivas de algún sistema , los ingresos de la compañía disminuyen; así mismo los gastos por energía están en función a los volúmenes de producción, La disminución de las paradas por falta de planes de mantenimiento preventivos debido a que estas son de largo tiempo, aumentan la producción y como consecuencia la economía de la empresa.

Así mismos tiene una justificación social porque los diferentes procesos para la preparación de envasado de néctar en Tetra Pak, todos son automatizados, se necesita personal calificado para realizar actividades de operación y controles de los equipos en las distintas etapas del proceso, existe una continuación en las labores del personal calificado; por lo cual se justifica la propuesta de una gestión

de mantenimiento para conseguir que el personal tengan un puesto de trabajo estables.

Desde el punto de vista ambiental los insumos que se utilizada en la elaboración de los néctares, es convertida bajo diferentes temperaturas y presiones, por tratarse de insumos orgánicos, por lo tanto si ocurren paradas inoportunas frecuentes, es posible que se pierda insumos por fermentacion y por contaminación del medio ambiente; por lo ende se justifica ambientalmente la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento

1.6 Hipótesis

Hi: Es viable la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de mantenimiento en las líneas de envasado Tetra Pack de la empresa Arca Continental Lindley, planta Zarate

Ho: No es viable la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de mantenimiento en las líneas de envasado Tetra Pack de la empresa Arca

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo General

Aplicar un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de mantenimiento en las líneas de envasado Tetra Pack de la empresa Arca Continental Lindley, planta Zarate.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los KPI actuales de las líneas de envasado de tetra pack.
- Determinar cuáles pueden ser las fallas funcionales, modos de fallas y sus posibles efectos, consecuencias en los sistemas y subsistemas de los equipos de las líneas de envasado tetra pak.
- Elaborar un sistema de gestión de mantenimiento basado en Confiabilidad para las líneas de envasado de Tetra Pak, de la empresa Arca Continental-Lindley, planta Zarate.
- Aplicar el plan de mantenimiento con proyección a expandirse hacia las diferentes empresas.

- Evaluar el costo beneficio de la implementación del sistema de Gestión de mantenimiento.

II. METODO

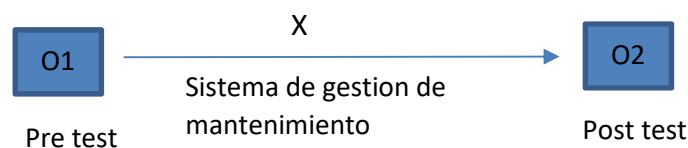
2.1 Tipo de estudio:

La investigación es aplicada, ya que en ella se emplean los principios teóricos del sostenimiento preventivo para brindar solución a la entorno problemático que se muestra en la empresa que estamos evaluando. Asimismo, es un estudio longitudinal, ya que se estudian los cambios de conducta en las variables a través de un período de tiempo, es decir ejecutando mediciones antes y después de aplicar el estudio.

2.2 Diseño de investigación:

El diseño utilizado fue pre-experimental, porque se calcula a un grupo antes de ejecutar el estudio (plan de sostenimiento anticipado), luego se le administra el tratamiento y después se aplica una prueba posterior al estímulo (plan de mantenimiento preventivo).

G - O1- X- O2



G: Grupo (Empresa Corporación Lindley S.A. - Lima)

O1: Indicadores del Sistema de Gestion antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

O2: Indicadores del Sistema de Gestión, luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

X : Plan de mantenimiento preventivo

2.3 Variables y Operacionalización

2.3.1. Variable independiente

Sistema de Gestión de Mantenimiento

2.3.2. Variable dependiente

Indicadores de producción (KPI)

Tabla N° 04 Cuadro de variables.

Variables	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Indicadores	Escala de medicion
Independiente Sistema de Gestión de mantenimiento	La gestión de mantenimiento es importante para certificar la prolongación de la actividad operativa, evitando fallos en el proceso por daños de máquinas y equipos. Un mantenimiento eficaz constituye un buen elemento para la obtención de la competitividad y operatividad empresarial.	Desde el punto de vista operacional la medición de la gestión de mantenimiento se logra con los KPI indicadores, que tienen que estar dentro de un categoría especificada, y dentro de los estándares nacionales e internacionales,	Tiempo Medio entre fallas MTBF. Tiempo medio de reparación MTTR Cantidad de disposiciones de trabajo	De razon
Dependiente Indicadores de producción	Los KPI en la producción son la base para inspeccionar la mejora continua de los procesos de fabricación de cualquier empresa. Estos indicadores nos ayudan a monitorizar los resultados, para acercarnos a las metas y tomar decisiones más efectivas	Los indicadores de desempeño de los procesos se centran en cómo se realiza la tarea, midiendo su desempeño y si logran ciertos objetivos. Este indicador debe ser calculado por un índice (generalmente representado por un número) que retrate el progreso del proceso en su conjunto o en parte	Indicadores de capacidad Indicadores de productividad Indicadores de calidad	De razon

Fuente: Elaboracion propia

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población:

Para la presente investigación la población son las 3 líneas de envasado de tetra pak de la Empresa Arca Continental Lindley –SJL- LIMA, que representan el 100% de muestra de la población.

2.4.2. Muestra:

Al final de esta investigación la muestra estará dirigida a una 01 línea de producción de envasado de tetra pak de la Empresa Arca Continental Lindley –SJL- LIMA, que representa el 30% de muestra de la población.

2.5 Técnicas e herramientas de recaudación de datos, validez y confiabilidad

- a) Técnica de recaudación de datos : Observación directa
- b) Instrumentos de recaudación de datos : Guías de observación

2.6 Métodos de observación de datos:

Los datos observados serán tabulados en tablas de resultados, graficos de barras, en las matrices del mantenimiento, y las fichas de datos. Analizando sus medidas de disposición central según su base de datos.

2.7 Aspectos éticos:

Se consideraron los principios jurídicos y éticos, lo cual garantizó la voluntariedad, confidencialidad y la equidad de la participación del personal involucrado, pues se contó con el consentimiento formal del Superintendente de Planta, jefe de área y operadores. Se garantiza la reserva de los participantes en la encuesta, preservando la identidad de los mismos. Este estudio ha sido realizado por los autores y los derechos de propiedad intelectual les corresponden a la misma. Se ha tenido en cuenta para la ejecución de esta investigación las políticas internas de la empresa, que han partido de cómo lograr de manera eficaz que la empresa sea más competitiva en el mercado a través de la implantación de un plan de Gestión de mantenimiento.

III. RESULTADOS

a. Evaluación de los KPI de mantenimiento en líneas de envasado de tetra pack.

Se realizó en base a los datos históricos del sistema de incidencias de las líneas de envasado de la Planta Zárate,

<http://linincizarate/Lindley.Incidentes.Web/PaginaInicial.aspx> donde el operador registra de forma manual toda eventualidad ocurrida en las líneas de envasado :

- Paradas programadas
- Paradas por fallas operaciones
- Hgh parada por causas externas
- Parada por rendimiento de equipo.



Figura 2 Incidentes en planta

Fuente: Corporación Lindley Planta Zárate

Tabla N° 05. Detalle de paradas en tiempo real en planta

Inicio	Min	Tipo parada	Modo parada	Detalle
07/11/18 : 15:00:00	0	Disminución del rendimiento operacional	Minutos sin definir	
07/11/18 : 14:41:48	19	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Acumulador HELIX	Atasco de envases en araña Hélix ocasiona parada de llenadora
07/11/18 : 11:12::00	15	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Aplicador de pajillas	Mala aplicación de cola, sensor no detecta envases, se limpia y calibra sensibilidad
07/11/18 : 10:29:00	34	Disminución del rendimiento operacional	Minutos sin definir	
07/11/18 : 05:50:49	9	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Agrupadora	Revientan envases al interior de máquina, se procede a limpieza de sufridera (tira de goma) y sensores fotoeléctricos
07/11/18 : 04:57:55	17	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Agrupadora	Falla convertidor de frecuencia en zona de descarga, debido al atasco de la faja (cadena azul), con la plancha de transferencia. Mantenimiento interviene
07/11/18 : 04:27:54	28	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Agrupadora	Falla convertidor de frecuencia en zona de descarga, debido al atasco de la faja (cadena azul), con la plancha de transferencia. Mantenimiento interviene
07/11/18 : 01:54:55	9	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Agrupadora	Se revientan envases al interior de la máquina, debido a demasiada acumulación de envases en el alimentador N°2.

06/11/18 : 18:06:50	7	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Empacadora (cajas)	Barra flotante redonda de empuje de paquetes milimétricamente adelantada ocasionando trabamiento de cajas con la cadena de arrastre. Se posiciona la barra
06/11/18 : 15:00:00	172	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Llenadora	Cae programa sin alarma
06/11/18 : 14:16:52	44	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Llenadora	Cae programa sin alarma
06/11/18 : 13:56:52	20	Detenciones no registradas	Otros: detenciones no registradas	Falla sensor de incidencias paradas no existe
06/11/18 : 11:43:52	6	Disminución del rendimiento de equipos	FALLA M-E Acumulador HELIX	Caída de envases en acumulador Hélix
06/11/18 : 07:00:00	164	Detenciones no registradas	Otros: detenciones no registradas	Sistema de incidencias muestra gráfica
05/11/1/ : 23:00:00	0	Turno no programado	Turno no programado	Preparación y arranque de línea

Fuente: Corporación Lindley Planta Zárate

b. Evaluación anual del indicador de eficiencia mecánica(EM) de línea TBA22 de Tetra Pak periodo 2018.

$$\text{Eficiencia Mecánica} = \left(\frac{\text{Horas programadas para producir}}{\text{Horas programadas para producir} + \text{horas de falla Mec. Elect}} \right) * 100$$

Resumen de base de datos del sistema de incidencias.

Tabla 4 Eficiencia mecánica (EM) por mes.

Mes	Horas de falla M-E	Horas programadas para producir	EM (%)
Enero	61.2	307	83.38
Febrero	94.4	291.2	75.52
Marzo	58.29	297.53	83.62
Abril	73.4	304.49	80.58
Mayo	69.91	318.37	81.99
Junio	39.92	199.6	83.33
Julio	57.65	280.37	82.94
Agosto	83.88	280.17	76.96
EM Global			82.40

Fuente: Elaboración propia

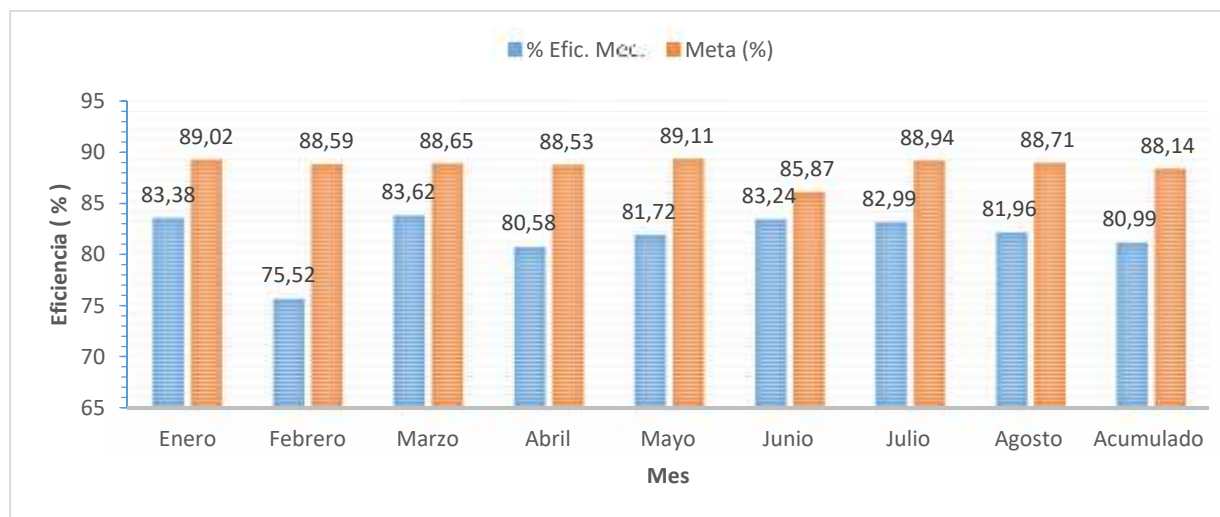


Figura 3 Eficiencia mecánica (EM) TBA22 mensual durante el año 2018.

Tabla N° 06 Eficiencia mecánica (EM) por mes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	ACUMULADO DISPONIBILIDAD
Resultados (%)	83,38	75,52	83,62	80,58	81,72	83,24	82,99	81,96	80,99
Meta (%)	89,02	88,59	88,65	88,53	89,11	85,87	88,94	88,71	88,14
Desvió (%)	-6,3	-14,8	-5,7	-9,0	-8,3	-3,1	-6,7	-7,6	-8,1

Fuente: Datos SAP

c. Evaluación anual del indicador de tiempo medio entre fallas (MTBF) de la línea TBA22 de Tetra Pak periodo 2018.

Formula de calculo del indicador de tiempo medio entre falla (MTBF):

$$T_{m e f} (M) = \left(\frac{H}{\# f} \cdot \frac{p}{m . e . c} \right)$$

Tabla 5 Resumen de base de datos del sistema de incidencias por mes.

Mes	Horas programadsa para producir	# Fallas M-E	TMEF
Enero	307.00	197.00	1.56
Febrero	141.98	201.00	1.45
Marzo	297.53	216.00	1.38
Abril	304.49	201.00	1.51
Mayo	318.37	173.00	1.84
Junio	199.60	143.00	1.40
Julio	280.37	161.00	1.74
Agosto	280.17	168.00	1.67
TMEF Global			1.67

Fuente: Datos SAP

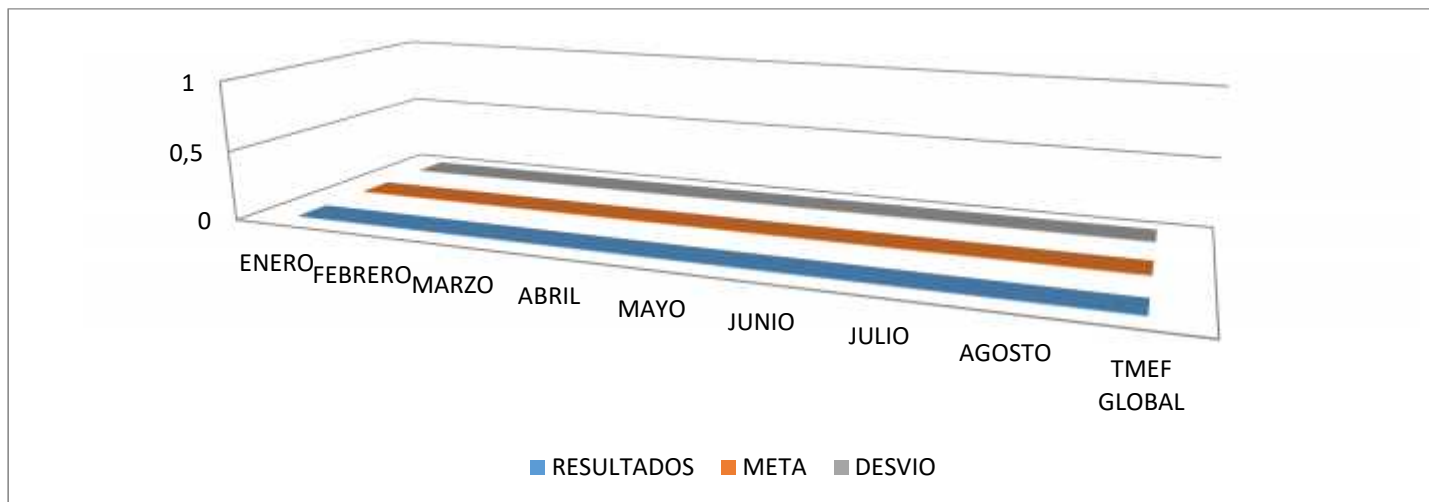


Figura 4 Tiempo medio entre fallas (MTBF) mensual.

Fuente: Datos SAP

Tabla 6 Tiempo medio entre fallas (MTBF) mensual

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Aagosto	ACUMULADO DISPONIBILIDAD
Resultados(%)	83,38	75,52	83,62	80,58	81,72	83,24	82,99	81,96	80,99
Meta (%)	89,02	88,59	88,65	88,53	89,11	85,87	88,94	88,71	88,14
Desvio (%)	-6,3	-14,8	-5,7	-9,0	-8,3	-3,1	-6,7%	-7,6	-8,1

Fuente: Datos SAP

d. Evaluación anual del indicador de Tiempo Medio para Reparar (TMPR) de la línea TBA22 de Tetra Pak periodo 2018.

Formula de calculo del indicador de tiempo medio para reparar (TMPR):

$$\text{Tiempo medio para reparar (TMRP)} = \left(\frac{\text{Horas de falla mec. elec}}{\# \text{ fallas mec. elec}} \right)$$

Tabla 7 Tiempo medio en reparación (TMPR) mensual

Mes	Horas de falla M-E	# Fallas M-E	TMPR
Enero	60.30	197	0.31
Febrero	81.08	201	0.40
Marzo	57.96	216	0.27
Abril	73.05	201	0.36
Mayo	73.92	173	0.43
Junio	38.13	143	0.27
Julio	57.20	161	0.36
Agosto	61.40	168	0.37
TMPR Global			0.34

Fuente: Propia

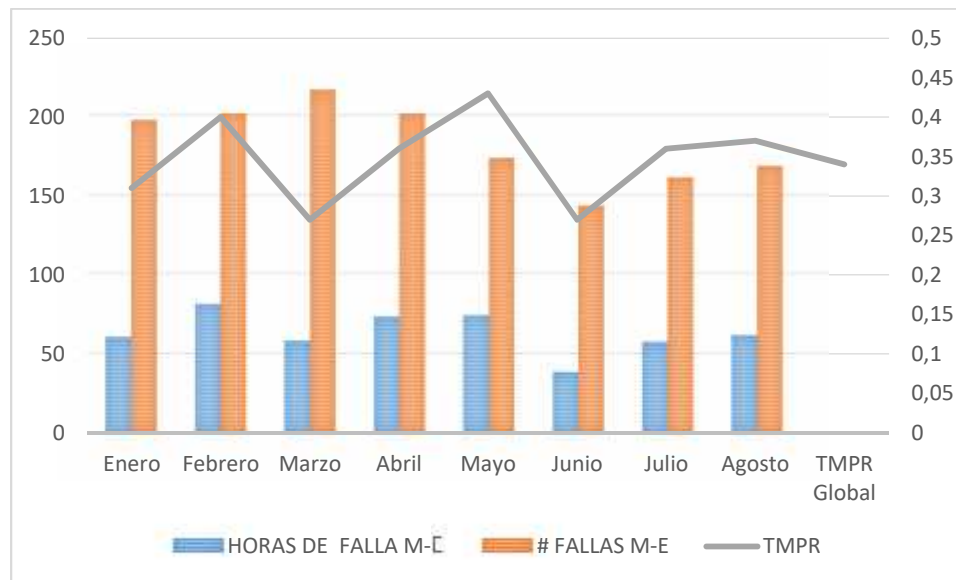


Figura 5 Tiempo medio para reparar (TMPR) mensual.

Fuente: Propia

e. Evaluación anual del indicador de Disponibilidad (D) de la línea TBA22 de Tetra Pak periodo 2018.

Formula de calculo del indicador de Disponibilidad (D):

$$\text{Disponibilidad (D)} = \left(\frac{\text{MTEF}}{\text{MTEF} + \text{MTPR}} \right)$$

Resumen de datos obtenidos

Tabla 8 Resumen de datos de disponibilidad mensual.

Mes	MTPR	MTEF	Disponibilidad (%)
Enero	0.31	1.56	84
Febrero	0.40	1.45	78
Marzo	0.27	1.38	84
Abril	0.36	1.51	81
Mayo	0.43	1.84	81
Junio	0.27	1.40	84
Julio	0.36	1.74	83
Agosto	0.37	1.67	78
D. Global			82

Fuente: Datos SAP

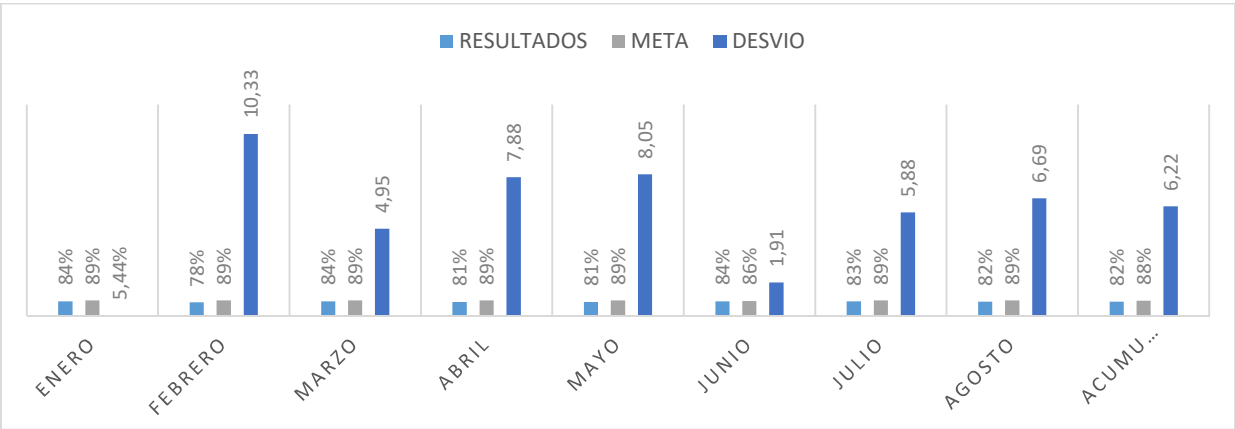


Figura 6 Resumen de datos de disponibilidad mensual.

Fuente: Propia

Tabla 9 Disponibilidad mensual

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	ACUMULADO DISPONIBILIDAD
Resultados (%)	84	78	84	81	81	84	83	82	82
Meta (%)	89	89	89	89	89	86	89	89	88
Desvio (%)	5,44	10,33	4,95	7,88	8,05	1,91	5,88	6,69	6,22

Fuente: Propia

f. Evaluación anual del indicador de Confiabilidad (C) de la línea TBA22 de Tetra Pak periodo 2018.

Formula de calculo del indicador de Confiabilidad C(t):

$$C(t) = \left(e^{\frac{-\lambda * T}{1}} \right) * 100\%$$

Dónde:

- C(t): Confiabilidad (%) TTP: Tiempo total de estudio (Hrs).
- λ : Tasa de fallas $\left(\frac{F}{H} \right)$.

Y se expresa: $\lambda = \frac{1}{M}$

Tabla 10 Resumen de datos de confiabilidad mensual.

Mes	TTP	$\lambda = \frac{1}{M}$	Confiabilidad (%)
Enero	61.2	$1/1.56 = 0.64$	67.59
Febrero	94.4	$1/1.45 = 0.69$	52.13
Marzo	58.29	$1/1.38 = 0.72$	65.72
Abril	73.4	$1/1.51 = 0.66$	61.60
Mayo	69.91	$1/1.84 = 0.54$	68.56
Junio	39.92	$1/1.40 = 0.71$	75.32
Julio	57.65	$1/1.74 = 0.57$	71.99
Agosto	83.88	$1/1.67 = 0.60$	60.45
D. Global	67.33		65.42

Fuente: Elaboración propia

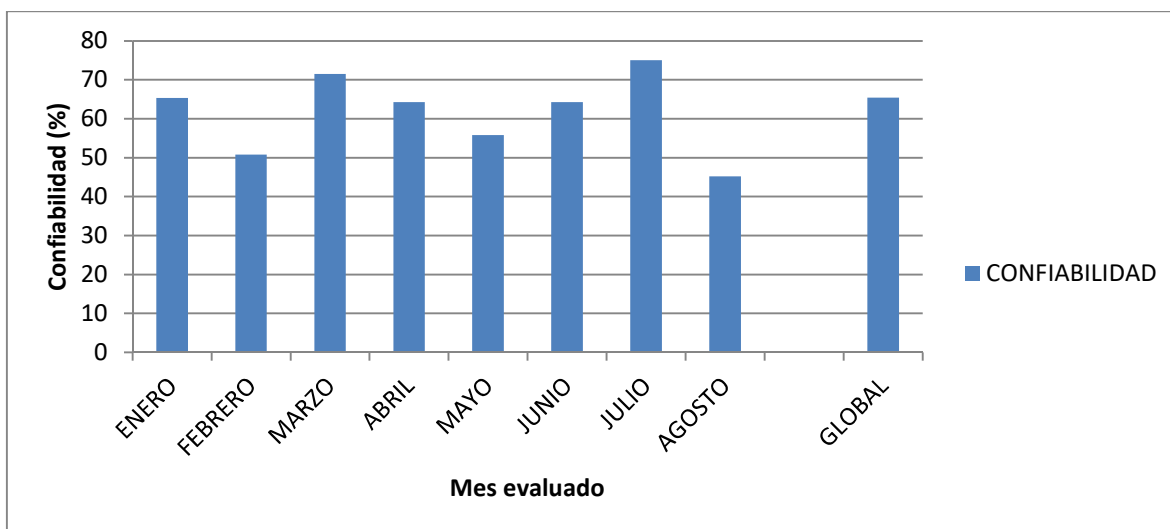


Figura 7 Resumen de datos de confiabilidad por mes.

Fuente: Elaboración propia

g. Evaluación del KPI del presupuesto mensual en repuestos de la línea de envasado de Tetra Pak en el periodo 2018

Resumen base de datos de SAP según movimiento de mercancías

Tabla 11 Resumen de datos SAP según movimientos de mercancías.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Acumulado
Salidas de almacén	Presupuesto	S/. 206,56	S/. 189,99	S/. 189,99	S/. 206,56	S/. 239,09	S/. 310,76	S/. 310,12	S/. 248,46	S/. 432,21	S/. 328,14	S/. 3,075,04
	Gasto real	S/. 359,50	S/. 464,75	S/. 436,90	S/. 305,68	S/. 280,52	S/. 269,53	S/. 294,65	S/. 239,50	S/. 367,62	S/. 329,05	S/. 3,347,93
	Diferencia	S/. - 152,94	S/. - 274,75	S/. - 246,91	S/. - 99,12	S/. - 41,43	S/. 41,23	S/. 15,27	S/. 8,96	S/. 64,59	S/. - 909	S/. -272,89
	Porcentaje exceso	-74%	- 146,60%	-130%	-48%	- 17,30%	13,30%	4,90%	3,6%	14,90%	0,30%	-8,90%

Fuente: Datos SAP

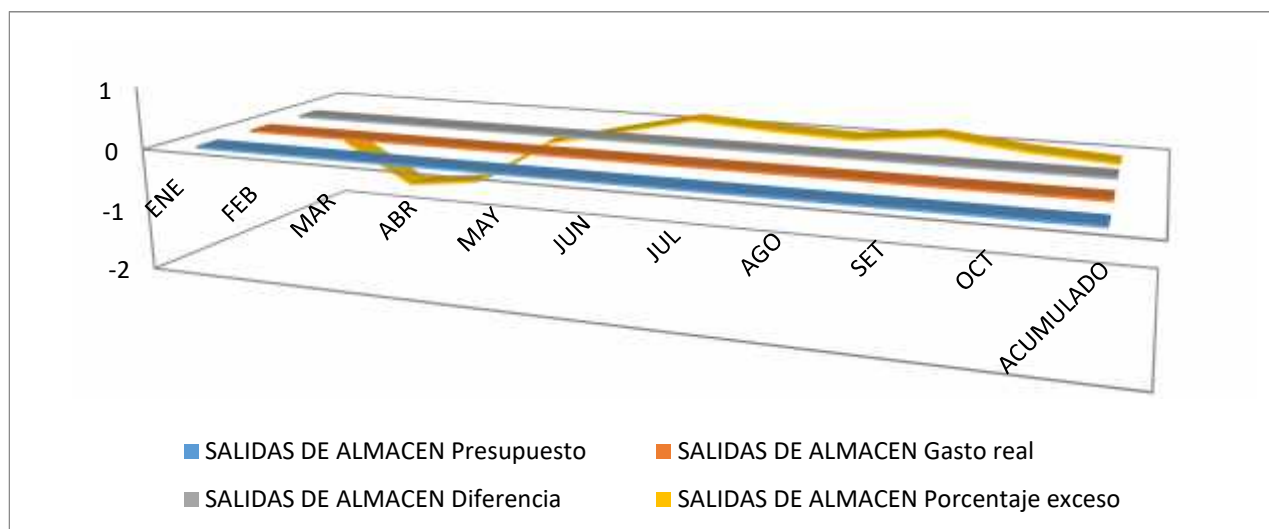


Figura 8 Resumen de datos SAP según movimientos de mercancías.

Fuente: Datos SAP

h. Evaluación del KPI del presupuesto mensual en servicios de la línea de envasado de Tetra Pak en el periodo 2018.

Resumen base de datos de SAP según generación de orden de compra de servicios.

Tabla 12 Resumen de compras según generacion de orden SAP

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Acumulado
Servicio de contratistas	Presupuesto	S/. 120,66	S/. 125,17	S/. 125,17	S/. 120,66	S/. 180,52	S/. 131,95	S/. 140,43	S/. 172,44	S/. 117,73	S/. 167,73	S/. 1,643,83
	Gasto real	S/. 67,30	S/. 139,52	S/. 166,33	S/. 166,33	S/. 137,66	S/. 197,69	S/. 156,43	S/. 183,23	S/. 171,53	S/. 166,16	S/. 1,542,65
	Diferencia	S/. 53,35	S/. -14,34	S/. -41,21	S/. -36,02	S/. 42,85	S/. -	S/. -16,00	S/. -10,79	S/. -53,79	S/. 1,57	S/. 166,92
	Porcentaje exceso	44%	-11,50%	-33%	-30%	23,70%	0,00%	-11,40%	-63%	-45,70%	0,90%	10,20%

Fuente: Elaboración propia

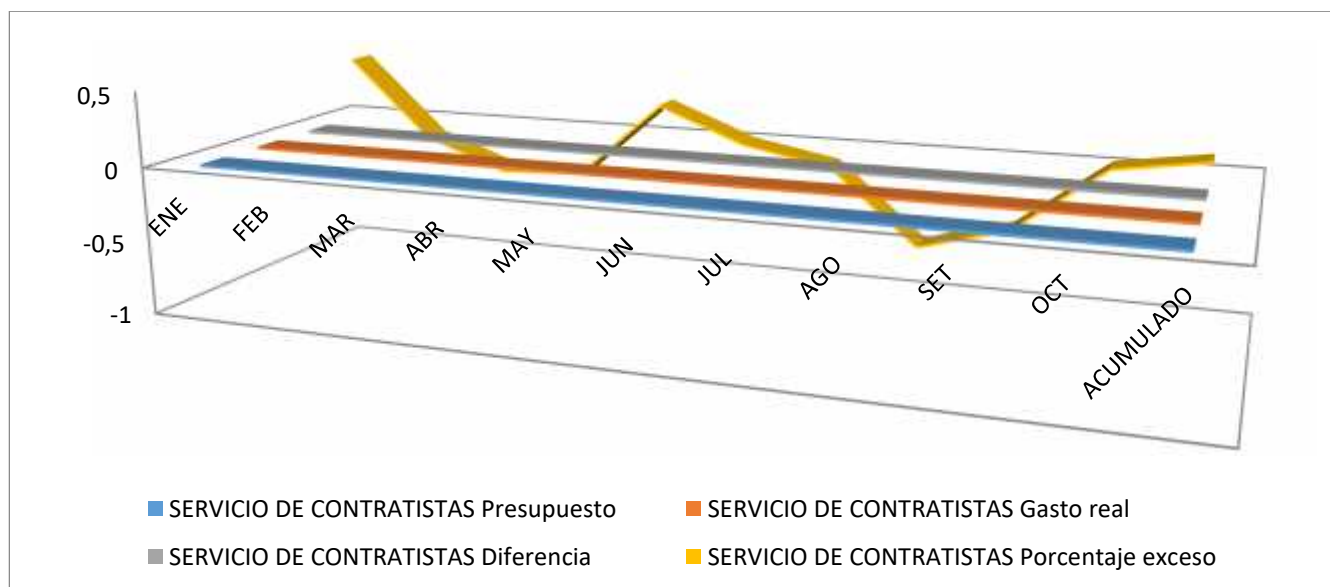


Figura 9 Resumen de compras según generación de orden SAP

Fuente: Elaboración propia

i. Evaluación KPI del presupuesto mensual en servicios y repuestos en línea de envasado Tetra Pak periodo 2018.

Resumen base datos SAP de gastos mensuales.

Tabla 13 Resumen de compras según generación de orden SAP

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Acumulado
Total soles	Presupuesto	S/. 327,22	S/. 315,17	S/. 315,17	S/. 327,22	S/. 419,61	S/. 442,72	S/. 450,56	S/. 420,90	S/. 549,94	S/. 495,87	S/. 4,718,876
	Gasto real	S/. 426,81	S/. 604,27	S/. 603,29	S/. 462,37	S/. 418,19	S/. 467,23	S/. 451,29	S/. 422,73	S/. 539,15	S/. 495,21	S/. 4,890,58
	Diferencia	S/. -99,58	S/. -289,10	S/. -288,12	S/. -135,14	S/. 1,42	S/. -24,50	S/. -7,29	S/. -1,83	S/. 10,79	S/. 6,65	S/. -171,70
	Avance acumulado	-30,40%	-91,70%	91,40%	41,38%	0,30%	-5,50%	-0,20%	-0,40%	2,00%	0,10%	-3,60%
	% Cumplimiento	130%	191,70%	191%	141%	99,70%	105,50%	100,20%	100%	98,00%	99,90%	103,60%

Fuente: datos SAP

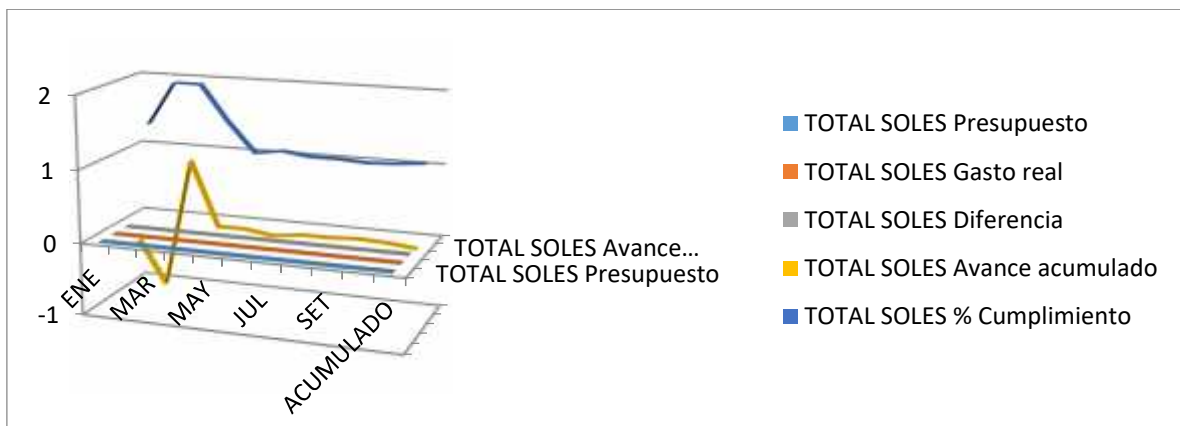


Figura 10 Resumen de datos SAP según gastos mensuales

Fuente: datos SAP

3.1. Fallas funcionales, modos de fallas y posibles efectos, consecuencias en los sistemas y subsistemas de los equipos de las líneas de envasado Tetra Pak.

3.1.1. Determinar la criticidad de los equipos de la línea de TBA22.

Para ello la línea fue subdivida en los siguientes subsistemas.

3.1.1.1. Análisis de equipo y subsistemas.

La línea de producción TBA22 de TETRA PAK fue instalada en el 2003 como parte del proyecto de un nuevo formato FRG DZ 235 ,línea conformado por los siguientes equipos y subsistemas.

Envasadora:

Este equipo esta consituido por los siguientes subsistemas:

-) Superestructura
-) Bastidor de maquina
-) Unidad de mando
-) Sistema de mordazas
-) Plegador final
-) Unidad de servicio
-) Seccion de transportador
-) Unidad de empalme auto.
-) Armario electrico

Codificador de envases

Equipo en operación bajo condiciones de consumo de insumos y de responsabilidad de mantenimiento por la empresa TFM.

Acumulador Hélix:

-) Maquina
-) Unidad araña
-) Armario electrico

Aplicador de pajillas:

-) Unidad del aplicador
-) Sección del transportador
-) Bastidor
-) Armario eléctrico

Divisor de envases

Agrupadora:

-) Sección de alimentación
-) Agrupador
-) Empujador
-) Almacén de película
-) Unidad de sellado
-) Unidad de descarga
-) Armario eléctrico
-) Unidad de retractilado
-) Bastidor de la maquina

Empacadora:

-) Unidad de entrada
-) Agrupadores
-) Unidad de alimentación
-) Unidad de almacén

Codificador de cajas.

3.1.1.2. Desarrollo del análisis de criticidad de equipo

Para el desarrollo del análisis de criticidad de la línea de producción TBA22 se extrae de la base de datos de la web de “sistema de incidencia” y SAP, la información sobre la cantidad de fallas, tiempo para reparar TPR y se calculó el tiempo medio para reparar TMPR también los costos relacionados al mantenimiento por consecuencias de fallas en los 6 meses en evaluación del 2018.

Tabla 14 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Enero

Area	Equipo	Sub estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-ENERO	envasadora	superestructura	17.4	0.48	36	S/ 42,681.5
		bastidor de maquina				
		unidad de mando				
		sistema de mordazas				
		plegador final				
		unidad de servicio				
		seccion de transportador				
		unidad de empalme auto.				
		armario electrico				
	codificador de envases	codificador de envases	0	0.00	0	S/ -
	helix	maquina	1.8	0.23	8	S/ 560.0
		unidad araña				
		armario electrico				
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	1.6	0.18	9	S/ -
		seccion del transportador				
		bastidor				
		armario electrico				
	divisor de envases	divisor	0.3	0.15	2	S/ -
	agrupadora	seccion de alimentacion	21.6	0.33	65	S/ 21,009.1
		agrupador				
		empujador				
		almacen de pelicula				
		unidad de sellado				
		unidad de descarga				
		armario electrico				
		unidad de retractilado				
		bastidor de la maquina				
	empacadora	unidad de entrada	3.7	0.34	11	S/ -
		agrupadores				
		unidad de alimentacion				
		unidad de almacen				
	codificador cajas	codificador cajas	0	0.00	0	S/ -

Fuente: Propia

Tabla 15 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Febrero.

Area	Equipo	Sub Estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-FEBRERO	envasadora	superestructura	25.5	0.85	30	S/ 51,443.0
		bastidor de maquina				
		unidad de mando				
		sistema de mordazas				
		plegador final				
		unidad de servicio				
		seccion de transportador				
		unidad de empalme auto.				
		armario electrico				
	codificador de envases	codificador de envases	0	0.00	0	S/
	helix	maquina	5.1	0.24	21	S/ 75.6
		unidad araña				
		armario electrico				
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	3.7	0.37	10	S/ 23,477.8
		seccion del transportador				
		bastidor				
		armario electrico				
	divisor de envases	divisor	0.2	0.10	2	S/ -
	agrupadora	seccion de alimentacion	25.5	0.44	58	S/ 39,389.5
		agrupador				
		empujador				
		almacen de pelicula				
		unidad de sellado				
		unidad de descarga				
		armario electrico				
		unidad de retractilado				
		bastidor de la maquina				
	empacadora	unidad de entrada	11.3	0.33	34	S/ 14,781.1
		agrupadores				
		unidad de alimentacion				
		unidad de almacen				
	codificador cajas	codificador cajas	0	0.00	0	S/ -

Fuente: Propia

Tabla 16 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Marzo.

Area	Equipo	Sub Estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-MARZO	envasadora	superestructura	30.3	0.50	61	S/ 71,332.7
		bastidor de maquina				
		unidad de mando				
		sistema de mordazas				
		plegador final				
		unidad de servicio				
		seccion de transportador				
		unidad de empalme auto.				
		armario electrico				
	codificador de envases	codificador de envases	0.1	0.10	1	S/ -
	helix	maquina	2	0.15	13	S/ 2,518.7
		unidad araña				
		armario electrico				
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	4.8	0.27	18	S/ 1,457.2
		seccion del transportador				
		bastidor				
		armario electrico				
	divisor de envases	divisor	0.8	0.13	6	S/ -
	agrupadora	seccion de alimentacion	11	0.22	51	S/ 2,241.0
		agrupador				
		empujador				
		almacen de pelicula				
		unidad de sellado				
		unidad de descarga				
		armario electrico				
		unidad de retractilado				
	empacadora	bastidor de la maquina	2.2	0.24	9	S/ 3,253.5
		unidad de entrada				
		agrupadores				
		unidad de alimentacion				
	codificador cajas	unidad de almacen	0	0.00	0	S/ -
		codificador cajas				

Fuente: Propia

Tabla 17 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Abril.

CCC	Equipo	Sub Estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-ABRIL	envasadora	superestructura	27.7	0.87	32	S/ 55,926.8
		bastidor de maquina				
		unidad de mando				
		sistema de mordazas				
		plegador final				
		unidad de servicio				
		seccion de transportador				
		unidad de empalme auto.				
		armario electrico				
	codificador de envases	codificador de envases	0.8	0.00	5	S/ -
	helix	maquina	1.7	0.17	10	S/ -
		unidad araña				
		armario electrico				
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	7	0.24	29	S/ 12,228.3
		seccion del transportador				
		Bastidor				
		armario eléctrico				
	divisor de envases	divisor	0.7	0.14	5	S/ -
	agrupadora	seccion de alimentacion	27.7	0.51	54	S/ 11,424.6
		agrupador				
		empujador				
		almacen de pelicula				
		unidad de sellado				
		unidad de descarga				
		armario electrico				
		unidad de retractilado				
		bastidor de la maquina				
	empacadora	unidad de entrada	4.9	0.38	13	S/ 28,467.8
		agrupadores				
		unidad de alimentacion				
		unidad de almacen				
	codificador cajas	codificador cajas	0	0.00	0	S/ -

Fuente: Propia

Tabla 18 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Mayo.

Area	Equipo	Sub Estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-MAYO	envasadora	superestructura	45	0.83	54	S/ 46,794.8
		bastidor de maquina				
		unidad de mando				
		sistema de mordazas				
		plegador final				
		unidad de servicio				
		seccion de transportador				
		unidad de empalme auto.				
		armario electrico				
	codificador de envases	codificador de envases	0	0.00	0	S/ -
	helix	maquina	7	1.40	5	S/ -
		unidad araña				
		armario electrico				
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	1	0.14	7	S/ -
		seccion del transportador				
		bastidor				
		armario electrico				
	divisor de envases	divisor	1.3	0.22	6	S/ 3,593.1
	agrupadora	seccion de alimentacion	19.9	0.36	55	S/ 6,974.7
		agrupador				
		empujador				
		almacen de pelicula				
		unidad de sellado				
		unidad de descarga				
		armario electrico				
		unidad de retractilado				
		bastidor de la maquina				
	empacadora	unidad de entrada	5.1	0.34	15	S/ 119.2
		AGRUPADORES				
		UNIDAD DE ALIMENTACION				
		UNIDAD DE ALMACEN				
	codificador cajas	CODIFICADOR CAJAS	0	0.00	0	S/ -

Fuente: Propia

Tabla 19 Resumen de criticidad de equipo y subestructura mes Junio.

Area	Equipo	Sub estructura	TPR (hrs)	TMPR (hrs/fallas)	# FALLAS	COSTO DE REPARACION
TETRA PAK-JUNIO	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	2.2	0.24	9	S/ 112,456.4
		BASTIDOR DE MAQUINA				
		UNIDAD DE MANDO				
		SISTEMA DE MORDAZAS				
		PLEGADOR FINAL				
		UNIDAD DE SERVICIO				
		SECCION DE TRANSPORTADOR				
		UNIDAD DE EMPALME AUTO.				
		ARMARIO ELECTRICO				
	CODIFICADOR DE ENVASES	CODIFICADOR DE ENVASES	1	1.00	1	S/ -
	HELIX	MAQUINA	1.4	0.20	7	S/ -
		UNIDAD ARAÑA				
		ARMARIO ELECTRICO				
	APLICADOR DE PAJILLAS	UNIDAD DEL APLICADOR	1.9	0.16	12	S/ -
		SECCION DEL TRANSPORTADOR				
		BASTIDOR				
		ARMARIO ELECTRICO				
	DIVISOR DE ENVASES	DIVISOR	1	0.33	3	S/ 1,498.6
	AGRUPADORA	SECCION DE ALIMENTACION	25.9	0.50	52	S/ 8,133.7
		AGRUPADOR				
		EMPUJADOR				
		ALMACEN DE PELICULA				
		UNIDAD DE SELLADO				
		UNIDAD DE DESCARGA				
		ARMARIO ELECTRICO				
		UNIDAD DE RETRACTILADO				
		BASTIDOR DE LA MAQUINA				
	EMPACADORA	UNIDAD DE ENTRADA	1.7	0.21	8	S/ -
		AGRUPADORES				
		UNIDAD DE ALIMENTACION				
		UNIDAD DE ALMACEN				
	CODIFICADOR CAJAS	CODIFICADOR CAJAS	0	0.00	0	S/ -

Fuente: Propia

-) $\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$
-) $\text{Frecuencia} = \text{N}^\circ \text{ de Fallas en un tiempo determinad}$
-) $\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad} \times \text{TMPR}) + \text{Costo Mantenimiento} + \text{Impacto Seguridad} + \text{Impacto Ambiente}$

Los criterios de evaluación para la elaboración del análisis

Tabla 20 Criterios de evaluación

Criterios		Puntaje
1)	Frecuencia de Falla	
	Menos de 1 Falla por año	1
	Entre 1 y 6 Fallas por año	2
	Entre 6 y 12 Fallas por año	3
	Entre 12 y 52 Fallas por año	4
	Mayor a 52 Fallas por año	6
2)	Impacto operacional	
	Parada total del equipo	10
	Parada del subsistema y tiene repercusión sobre otros	7
	Impacta en niveles de calidad	4
	No genera ningún efecto significativo	1
3)	Flexibilidad	
	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
	Hay opción de repuesto almacén	2
	Existe opción de producción	1
4)	Tiempo promedio para reparar (TPPR)	
	Menos de 3 horas	1
	Entre 3 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	Mas de 24 horas	6
5)	Costo de mantenimiento	
	Menos de 1 MBS	2
	Entre 1 y 10 MBS	5
	Mas de 10 MBS	10
6)	Impacto seguridad	
	Afecta seguridad Humana	8
	Afecta instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores	3
	No provoca daños a personas o instalaciones	0
7)	Impacto ambiente	
	Si	7
	No	0

Fuente: Propia

3.1.1.3. Resultado del análisis de criticidad de equipo.

En la tabla se muestra los resultados del análisis de criticidad, para ello se tomó el siguiente criterio.

Tabla 21 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Enero.

area	Equipo	sub Estructura	FREC.	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TMPR	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	RIESGO TOTAL	CRITICIDAD
TETRA PAK-ENERO	Envasadora	superestructura	36	10	2	0.48	10	8	7	34.67	1248.00	C
		bastidor de maquina										
		unidad de mando										
		sistema de mordazas										
		plegador final										
		unidad de servicio										
		seccion de transportador										
		unidad de empalme auto.										
		armario electrico										
	codificador de envases	codificador de envases	0	10	4	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC
	helix	maquina	8	7	2	0.23	2	8	7	20.15	161.20	SC
		unidad araña										
		armario electrico										
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	9	10	2	0.18	5	8	7	23.56	212.00	SC
		seccion del transportador										
		bastidor										
		armario electrico										
	divisor de envases	divisor	2	7	2	0.15	2	8	7	19.10	38.20	NC
	agrupadora	seccion de alimentacion	65	10	2	0.33	5	8	7	26.65	1732.00	C
		agrupador										
		empujador										
		almacen de pelicula										
		unidad de sellado										
		unidad de descarga										
		armario electrico										
		unidad de retractilado										
		bastidor de la maquina										
	empacadora	unidad de entrada	11	10	2	0.34	5	8	7	26.73	294.00	SC
		agrupadores										
		unidad de alimentacion										
		unidad de almacen										
	codificador cajas	codificador cajas	0	7	1	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC

Fuente: Propia

Tabla 22 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Febrero.

Area	Equipo	sub Estructura	FREC.	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TMPR	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	RIESGO TOTAL	CRITICIDAD
TETRA PAK-FEBRERO	Envasadora	superestructura	30	10	2	0.85	10	8	7	42.00	1260.00	C
		bastidor de maquina										
		unidad de mando										
		sistema de mordazas										
		plegador final										
		unidad de servicio										
		seccion de transportador										
		unidad de empalme auto.										
		armario electrico										
	codificador de envases	codificador de envases	0	10	4	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC
	helix	maquina	21	7	2	0.24	2	8	7	20.40	428.40	SC
		unidad araña										
		armario electrico										
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	10	10	2	0.37	10	8	7	32.40	324.00	SC
		seccion del transportador										
		bastidor										
		armario electrico										
	divisor de envases	divisor	2	7	2	0.10	2	8	7	18.40	36.80	NC
	agrupadora	seccion de alimentacion	58	10	2	0.44	10	8	7	33.79	1960.00	C
		agrupador										
		empujador										
		almacen de pelicula										
		unidad de sellado										
		unidad de descarga										
		armario electrico										
		unidad de retractilado										
	empacadora	bastidor de la maquina	34	10	2	0.33	10	8	7	31.65	1076.00	C
		unidad de entrada										
		agrupadores										
		unidad de alimentacion										
	CODIFICADOR CAJAS	unidad de almacen	0	7	1	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC
		CODIFICADOR CAJAS										

Fuente: Propia

Tabla 23 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Marzo.

Area	Equipo	sub Estructura	FREC.	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TMPR	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	RIESGO TOTAL	CRITICIDAD
TETRA PAK-MARZO	Envasadora	superestructura	61	10	2	0.50	10	8	7	34.93	2131.00	C
		bastidor de maquina										
		unidad de mando										
		sistema de mordazas										
		plegador final										
		unidad de servicio										
		seccion de transportador										
		unidad de empalme auto.										
		armario electrico										
	codificador de envases	codificador de envases	1	10	4	0.10	2	3	7	16.00	16.00	NC
	helix	maquina	13	7	2	0.15	5	8	7	22.15	288.00	SC
		unidad araña										
		armario electrico										
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	18	10	2	0.27	2	8	7	22.33	402.00	SC
		seccion del transportador										
		bastidor										
		armario electrico										
	divisor de envases	divisor	6	7	2	0.13	2	8	7	18.87	113.20	SC
	agrupadora	seccion de alimentacion	51	10	2	0.22	5	8	7	24.31	1240.00	C
		agrupador										
		empujador										
		almacen de pelicula										
		unidad de sellado										
		unidad de descarga										
		armario electrico										
		unidad de retractilado										
		bastidor de la maquina										
	empacadora	unidad de entrada	9	10	2	0.24	5	8	7	24.89	224.00	SC
		agrupadores										
		unidad de alimentacion										
		unidad de almacen										
	codificador cajas	codificador cajas	0	7	1	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC

Fuente: Propia

Tabla 24 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Abril.

Area	Equipo	sub Estructura	FREC.	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TMPR	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	RIESGO TOTAL	CRITICIDAD
TETRA PAK-ABRIL	Envasadora	superestructura	32	10	2	0.87	10	8	7	42.31	1354.00	C
		bastidor de maquina										
		unidad de mando										
		sistema de mordazas										
		plegador final										
		unidad de servicio										
		seccion de transportador										
		unidad de empalme auto.										
		armario electrico										
	codificador de envases	codificador de envases	5	10	4	0.00	2	3	7	12.00	60.00	NC
	helix	maquina	10	7	2	0.17	5	8	7	22.38	223.80	SC
		unidad araña										
		armario electrico										
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	29	10	2	0.24	10	8	7	29.83	865.00	SC
		seccion del transportador										
		bastidor										
		armario electrico										
	divisor de envases	divisor	5	7	2	0.14	2	8	7	18.96	94.80	NC
	agrupadora	seccion de alimentacion	54	10	2	0.51	10	8	7	35.26	1904.00	C
		agrupador										
		empujador										
		almacen de pelicula										
		unidad de sellado										
		unidad de descarga										
		armario electrico										
		unidad de retractilado										
		bastidor de la maquina										
	empacadora	unidad de entrada	13	10	2	0.38	10	8	7	32.54	423.00	SC
		agrupadores										
		unidad de alimentacion										
		unidad de almacen										
	codificador cajas	codificador cajas	0	7	1	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC

Fuente: Propia

Tabla 25 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Mayo.

AREA	EQUIPO	SUB ESTRUCTURA	FREC.	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TMPR	COSTOS DE MANTTO	IMPACTO SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTE	CONSECUENCIAS	RIESGO TOTAL	CRITICIDAD
TERTRA PAC-MAYO	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	54	10	2	0.83	10	8	7	41.67	2250.00	C
		BASTIDOR DE MAQUINA										
		UNIDAD DE MANDO										
		SISTEMA DE MORDAZAS										
		PLEGADOR FINAL										
		UNIDAD DE SERVICIO										
		SECCION DE TRANSPORTADOR										
		UNIDAD DE EMPALME AUTO.										
		ARMARIO ELECTRICO										
	CODIFICADOR DE ENVASES	CODIFICADOR DE ENVASES	0	10	4	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC
	HELIX	MAQUINA	5	7	2	1.40	2	8	7	36.60	183.00	SC
		UNIDAD ARAÑA										
		ARMARIO ELECTRICO										
	APLICADOR DE PAJILLAS	UNIDAD DEL APLICADOR	7	10	2	0.14	2	8	7	19.86	139.00	SC
		SECCION DEL TRANSPORTADOR										
		BASTIDOR										
		ARMARIO ELECTRICO										
	DIVISOR DE ENVASES	DIVISOR	6	7	2	0.22	5	8	7	23.03	138.20	SC
	AGRUPADORA	SECCION DE ALIMENTACION	55	10	2	0.36	5	8	7	27.24	1498.00	C
		AGRUPADOR										
		EMPUJADOR										
		ALMACEN DE PELICULA										
		UNIDAD DE SELLADO										
		UNIDAD DE DESCARGA										
		ARMARIO ELECTRICO										
		UNIDAD DE RETRACTILADO										
		BASTIDOR DE LA MAQUINA										
	EMPACADORA	UNIDAD DE ENTRADA	15	10	2	0.34	2	8	7	23.80	357.00	SC
		AGRUPADORES										
		UNIDAD DE ALIMENTACION										
		UNIDAD DE ALMACEN										
	CODIFICADOR CAJAS	CODIFICADOR CAJAS	0	7	1	0.00	2	3	7	12.00	0.00	NC

Fuente: Propia

Tabla 26 Análisis de criticidad según criterios seleccionados Junio.

AREA	Equipo	sub Estructura	frec.	impacto operational	flexibilidad	tmpr	costos de mantto	impacto seguridad	impacto ambiente	consecuencias	riesgo total	Criticidad
TETRA PAK-JUNIO	Envasadora	superestructura	9	10	2	0.24	10	8	7	29.89	269.00	SC
		bastidor de maquina										
		unidad de mando										
		sistema de mordazas										
		plegador final										
		unidad de servicio										
		seccion de transportador										
		unidad de empalme auto.										
		armario electrico										
	codificador de envases	codificador de envases	1	10	4	1.00	2	3	7	52.00	52.00	NC
	helix	maquina	7	7	2	0.20	2	8	7	19.80	138.60	SC
		unidad araña										
		armario electrico										
	aplicador de pajillas	unidad del aplicador	12	10	2	0.16	2	8	7	20.17	242.00	SC
		seccion del transportador										
		bastidor										
		armario electrico										
	divisor de envases	divisor	3	7	2	0.33	2	8	7	21.67	65.00	NC
	agrupadora	seccion de alimentacion	52	10	2	0.50	5	8	7	29.96	1558.00	C
		agrupador										
		empujador										
		almacen de pelicula										
		unidad de sellado										
		unidad de descarga										
		armario electrico										
		unidad de retractilado										
	empacadora	unidad de entrada	8	10	2	0.21	2	8	7	21.25	170.00	SC

Fuente: Propia

Tabla 27 Resumen de criticidad evaluación semestral.

AREA	EQUIPO	SUB ESTRUCTURA	CRITICIDAD					
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
TETRA PAK	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	C	C	C	C	C	SC
		BASTIDOR DE MAQUINA						
		UNIDAD DE MANDO						
		SISTEMA DE MORDAZAS						
		PLEGADOR FINAL						
		UNIDAD DE SERVICIO						
		SECCION DE TRANSPORTADOR						
		UNIDAD DE EMPALME AUTO.						
		ARMARIO ELECTRICO						
	CODIFICADOR DE ENVASES	CODIFICADOR DE ENVASES	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	HELIX	MAQUINA	SC	SC	SC	SC	SC	SC
		UNIDAD ARAÑA						
		ARMARIO ELECTRICO						
	APLICADOR DE PAJILLAS	UNIDAD DEL APLICADOR	SC	SC	SC	SC	SC	SC
		SECCION DEL TRANSPORTADOR						
		BASTIDOR						
		ARMARIO ELECTRICO						
	DIVISOR DE ENVASES	DIVISOR	NC	NC	SC	NC	SC	NC
	AGRUPADORA	SECCION DE ALIMENTACION	C	C	C	C	C	C
		AGRUPADOR						
		EMPUJADOR						
		ALMACEN DE PELICULA						
		UNIDAD DE SELLADO						
		UNIDAD DE DESCARGA						
		ARMARIO ELECTRICO						
		UNIDAD DE RETRACTILADO						
		BASTIDOR DE LA MAQUINA						
	EMPACADORA	UNIDAD DE ENTRADA	SC	C	SC	SC	SC	SC
		AGRUPADORES						
		UNIDAD DE ALIMENTACION						
		UNIDAD DE ALMACEN						
	CODIFICADOR CAJAS	CODIFICADOR CAJAS	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Fuente: Propia

Se muestra en el diagrama de barras de los resultados mostrados en la tabla anterior

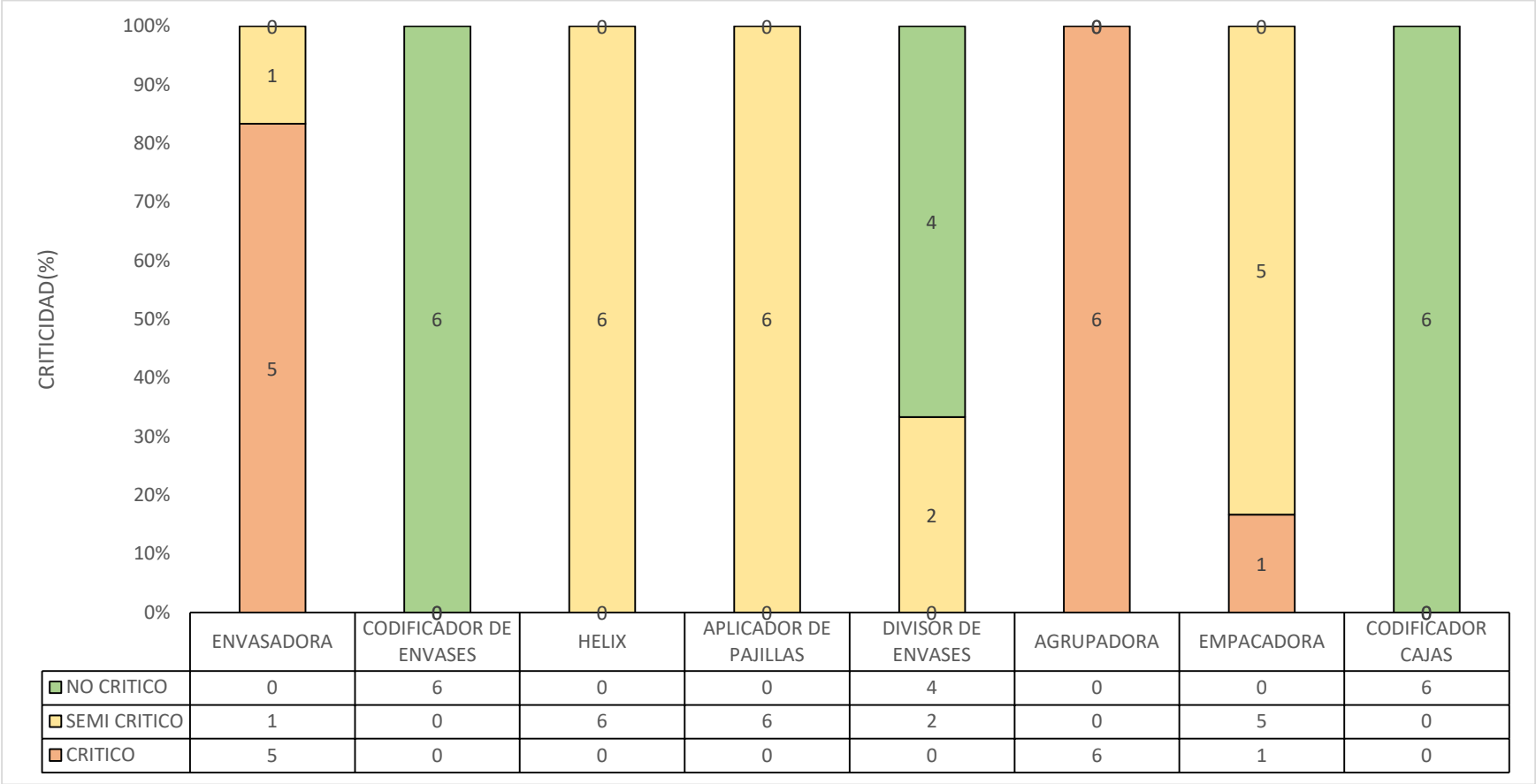


Figura 11 Resumen de criticidad de equipos evaluación semestral TBA22.

Fuente: Propia

3.1.2. Analisis de modo efecto de fallas de los equipos seleccionados en analisis de criticidad.

Para el desarrollo del análisis de efecto y fallas se tomará en consideración los equipos clasificados como críticos en al análisis de criticidad.

Tabla 28 Equipos críticos Clasificados.

Area	Equipo	Sub Estructura	Criticidad
TETRAPAK	Envasadora	superestructura	c
		bastidor de maquina	
		unidad de mando	
		sistema de mordazas	
		plegador final	
		unidad de empalme	
		armario electrico	
	Agrupadora	seccion de alimentacion	c
		agrupador	
		empujador	
		almacen de pelicula	
		unidad de sellado	
		unidad de descarga	
		armario electrico	
		unidad de retractilado	
		bastidor de la maquina	

Fuente: Propia

3.1.2.1 Aplicación del mantenimiento basado en el análisis de modos y efecto de fallos.

A continuación, se desarrollan las AMEF para cada falla crítica de la envasadora del Tetra pack, a través de la elaboración de las hojas de información y decisiones:

Hoja de información de la ENVASADORA de Tetra pack, a través de la elaboración de las hojas de información y decisiones.

Tabla 29 de información de la ENVASADORA del Tetra pack.

Hoja de informacion RCM	Envasadora		Ingeniero Supervisor	Fecha	Hoja 1/1
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla		
Soporte general de Envasadora del Tetra pack e inicio de movimiento.	Incapaz de dar movimiento a la envasadora, por desalineamiento o traba del rodillo o dedo guía	Sale alarma de TPIH subsistema de superestructura de la envasadora TBA22.	Alarma no permite paso de producción, se procede a bajar programa y se realizará L&S para revisión del rodillo o dedo guía..		
Controlar el alineamiento del soporte general de envasadora.	Incapaz de contener el alineamiento por soldadura mecánica (pernos flojos)	Fricción en brazos del Bastidor de máquina	Pérdida de alineamiento del soporte general de la envasadora del tetra pack.		
Gobierno de la envasadora para su sistema de activación y control. Requiere que la transferencia de aceite lubricante hacia	Transfiere el aceite lubricante a una presión mayor a 52 psi.	Filtro del aceite en mal estado de la UNIDAD DE MANDO.	Alto consumo de aceite lubricante. El aceite puede pasarse al interior de los cilindros produciéndose la quema de este.		

los filtros y galería principal de la envasadora, circule a una presión entre 52 y 70 psi.			
Realizar el agarre y sujeción de envases, con activación neumática/electrónica..	Incapacidad de sujetar correctamente los envases por desgaste de mordazas.	Desgaste prematuro en el SISTEMA DE MORDAZAS	Sujeción incorrecta de los envases, pudiendo ocasionar atoros progresivos en la producción, pues no es posible tener el agarre adecuado de envases.
Dosificar e inyectar la cantidad exacta de envases, para realizar el doblado y/o plegado, de acuerdo a matriz o estampa.	Incapaz de realizar el doblado alineado de los envases de tetra pack.	Por descalibración del sistema electrónico de la PLEGADORA FINAL, los envases salen fallados y en calidad de broke.	Perdida de producción, funcionamiento irregular de la máquina plegadora.
Proveer de materiales, repuestos y accesorios para el correcto mantenimiento de la envasadora.	Incapacidad de proveer de repuestos especiales que se requiere en reparaciones. Falta stock.	Por efecto de mantenimientos excesivos, la UNIDAD DE SERVICIO no puede suministrar los materiales y repuestos requeridos.	Paradas intermitentes en la producción, por cuanto se debe aprovisionarse de materiales y repuestos en reparaciones menores.

Conducir y transportar los envases para el proceso de llenado, pasteurizado y almacenamiento del producto final.	Trabamiento del sistema de accionamiento del conductor transportador por falla de rodamientos.	Defectos en el sistema de transmisión y rodamientos mal lubricados, determina paralización de parte de la SECCIÓN DE CONDUCTOR TRANSPORTADOR.	Paralización de la línea de producción. Imposibilidad de tránsito de envases por los conductores transportadores.
Armado automático de envases para tetra pack.	Imposibilidad de armar correctamente los envases para jugos.	Por falla en el sistema de dosificación de pagamentos, paraliza la UNIDAD DE EMPALME AUTOMÁTICO.	Retrazo en producción, hasta solucionar en una línea de producción la descalibración del dosificador de pegamentos.
Protección de elementos de control eléctricos que gobiernan el proceso de envasado con sistema tetra pack.	Incapacidad de mantener equipos eléctricos operativos, por excesiva humedad en armarios eléctricos de la sección de envasado.	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de envasado, ocasiona corrosión interior en contactos y desconexión de sistemas de control eléctricos.	Paralización total de la producción, pues el control eléctrico se tiene que revisar y/o cambiar. Reformar el cierre hermético del Armario eléctrico principal de la sección.

Fuente: Propia

Hoja de información de la AGRUPADORA del Tetra pack, a través de la elaboración de las hojas de información y decisiones.

Tabla 30 Tabla de informacion de la Agrupadora TBA 22

Hoja de informacion RCM	Agrupadora		Ingeniero Supervisor	Fecha	Hoja 1/1
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla		
Sistema que dosifica ordenadamente el arribo de envases y/o producto a la mesa de inicio del proceso	No hay conexión correcta entre brazos distribuidores y el motor	Desgaste de brazos distribuidores de la SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN	Pérdida de fuerza en el sistema de distribución y ordenamiento de producto. .		
Es un mecanismo que se utiliza para el ordenamiento, agrupación y distribución del producto envasado	Incapaz de contener el “tránsito” de producto envasado, por fugas en el sistema hidráulico.	Grietas de buje de goma de la barra de torsión del sistema del AGRUPADOR	Buje central del eje armónico se sale de su posición debido a esto baja la presión de aceite produciéndose un desgaste interno. Pérdida de potencia y torque.		
Incapaz de aumentar la eficiencia del motor.	Insuficiencia de Lubricación por: aceite fuera de la especificación u obstrucción en las tuberías o	Grietas del buje de goma de la barra central del EMPUJADOR	Se producen desgaste en elementos como: bujes radiales y de apoyo; cuello del eje, alojamientos de los bujes radiales en la carcasa central. Desgaste en las superficies del		

	canales de lubricación del empujador..		sello del plato del compresor y collarín. Se puede producir desbalanceo.
La función del stretch film o película, es sujetar para su correcto almacenamiento o distribución, al producto agrupado.	Descordinación de la Dirección logística con Producción	La falta de stretch film para la sujeción de productos agrupados (ALMACEN DE PELÍCULA), produce desordenamiento en mesa y falla de componentes.	Perdida de producción por paralización de la línea de producción.
Abrir y cerrar las válvulas para producir intermitencia en el sellado de cobertor de los productor agrupados.	Abre o cierra las válvulas de manera defectuosa.	Rotura del caucho de la válvula de aire del sistema de UNIDAD DE SELLADO	Posibles daños en la guía e inserto de la válvula, Debido a que las válvulas no asientan bien se produce una pérdida de compresión. Esto conlleva a una pérdida de potencia.
Sistema que dosifica ordenadamente el arribo de envases y/o producto a la mesa de fin del proceso.	No hay conexión correcta entre brazos distribuidores y el motor	Desgaste de brazos distribuidores de la UNIDAD DE DESCARGA	Pérdida de fuerza en el sistema de distribución y ordenamiento de producto. .

Protección de elementos de control eléctricos que gobiernan el proceso de agrupado con sistema tetra pack.	Incapacidad de mantener equipos eléctricos operativos, por excesiva humedad en armarios eléctricos de la sección de agrupadora.	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de agrupadora, ocasiona corrosión interior en contactos y desconexión de sistemas de control eléctricos.	Paralización total de la producción, pues el control eléctrico se tiene que revisar y/o cambiar. Reformzar el cierre hermético del Armario eléctrico principal de la sección.
Comprimir y descomprimir sistema en forma intermitente los fuelles retráctiles en el proceso de agrupamiento de tetra pack	Imnposibilidad de mantener ordenamiento de envases y producto terminado, por falta de accionamiento intermitente del sistema retráctil.	Fuga en el sistema de fuelles de la UNIDAD DE RETRACTILADO, produce descompresión del sistema neumático.	Paralización de las operaciones en la línea de producción, por congestión de envases con producto al no poder ser agrupados adecuadamente.
Controlar el alineamiento del soporte general de agrupadora.	Incapaz de contener el alineamiento, por soltura mecánica (pernos flojos)	Fricción en brazos del BASTIDOR DE MÀQUINA	Pérdida de alineamientgo del soporte general de la agrupadora del tetra pack.

Hoja decisión para cada falla critica de la linea de produccion TBA22 de TETRA PAK

Tabla 31 Tabla de decision por falla critica de la linea de produccion TBA22

Fallas	Fallo	Tarea propuesta	Intervalos	Tarea
F1	Sale alarma de TPIH subsistema de superestructura de la envasadora TBA22.	Verificar funcionabilidad y operatividad de desalineamiento o traba del rodillo o dedo guía	Cada turno	Operador
F2	Fricción en brazos del BASTIDOR DE MÀQUINA	Verificar el estado alineamiento, mediante uso de sistema laser y realizar ajuste de pernos y lainas.	Mensual	Ingeniero Mecánico
F3	Filtro del aceite en mal estado de la UNIDAD DE MANDO.	Verificar presión mayor a 52 Psi.; verificar el estado del filtro / cambio.	Mensual	Operado / Mecánico
F4	Desgaste prematuro en el SISTEMA DE MORDAZAS	Reparación de mordazas con soldadura fuerte (citodur 1000) para mayor duración.	125 horas	Ingeniero Mecánico
F5	Por descalibración del sistema electrónico de la PLEGADORA FINAL, los envases salen fallados y en calidad de broke.	Verificar estado de sistemas de control electrónico de Plegadora de envases.	Quincenal	Ingeniero Electrónico
F6	La UNIDAD DE SERVICIO no puede suministrar los	Logística debe proveer de repuestos especiales que se requiere en reparaciones y evitar	Mensual	Logística

	materiales y repuestos requeridos.	falta de stock..		
F7	Defectos en el sistema de transmisión y rodamientos mal lubricados, determina paralización de parte de la SECCIÓN DE CONDUCTOR TRANSPORTADOR.	Antes de cada turno revisar nivel de lubricante de cada chumacera del Conductor transportador.	Semanal	Operador
F8	Paraliza la UNIDAD DE EMPALME AUTOMÁTICO.	Comprobar en cada turno, la correcta dosificación de pegamentos a la unidad de empalme automático.	Diario	Operador
F9	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de envasado	Verificar sellado hermético de armarios eléctricos y realizar limpieza de contactos y sistema de control eléctrico.	Quincenal	Ingeniero Mecánico-Eléctrico
F10	Desgaste de brazos distribuidores de la SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN	Verificar conexión correcta entre brazos distribuidores y el motor.	Mensual	Técnico Mecánico
F11	Grietas de buje de goma de la barra de torsión del sistema	Verificar posibles fugas en el sistema hidráulico para evitar contener el “tránsito” de producto	250 horas	Operador

	del AGRUPADOR	envasado,		
F12	Grietas del buje de goma de la barra centra del EMPUJADOR	Agregue aceite lubricante correcto SAE 10W-30, y comprobar que no haya obstrucción en las tuberías o canales de lubricación del empujador.	250 horas	Operador
F13	La falta en ALMACEN DE PELÍCULA, produce desordenamiento en mesa y falla de componentes.	Antes de cada turno revisar stock de cinta stretch film para aseguramiento de envases agrupados.	Cada turno	Operador
F14	Rotura del caucho de la válvula de aire del sistema de UNIDAD DE SELLADO	Verificar posibles daños en la guía e inserto de la válvula y pérdida de compresión., lo que conlleva a una pérdida de potencia.	Mensual	Ingeniero Mecánico
F15	Desgaste de brazos distribuidores de la UNIDAD DE DESCARGA	Revisar conexión correcta entre brazos distribuidores y el motor	100 horas	Ingeniero Mecánico
F16	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de	Verificar sellado hermético de armarios eléctricos y realizar limpieza de contactos y sistema de control eléctrico.	Quincenal	Ingeniero Mecánico-Eléctrico

	agrupadora.			
F17	Fuga en el sistema de fuelles de la UNIDAD DE RETRACTILADO,	Revisar estado de fuelles del sistema retractil. Asimismo, verificar estado de cables y terminales eléctricos del motor.	Cada turno	Operador / Electricista.
F18	Fricción en brazos del BASTIDOR DE MÀQUINA	Verificar el estado alineamiento, mediante uso de sistema laser y realizar ajuste de pernos y lainas.	Mensual	Ingeniero Mecánico

Fuente : Propia

3.1.2.2 Número de prioridad de riesgos

En la siguiente tabla, se muestran la recopilación de todas las fallas de la linea de produccion TBA22 de TETRA PAK, descritas líneas arriba. Para determinar los valores NPR, para cada falla involucrada en el AMEF, para ser considerada como: Inaceptable, reducción deseable y aceptable. Se tiene:

Puntajes del AMEF

NPR >200	Inaceptable (I)
200 > NPR < 125	Reducción deseable (R)
125 > NPR	Aceptable

Tabla 32 Análisis del Número de prioridad de riesgos

Ítem	Descripción de la falla crítica	G	O	D	NPR
F1	Sale alarma de TPIH subsistema de superestructura de la envasadora TBA22.	10	9	7	630
F2	Fricción en brazos del BASTIDOR DE MÀQUINA	8	7	5	280
F3	Filtro del aceite en mal estado de la UNIDAD DE MANDO.	5	6	5	150
F4	Desgaste prematuro en el SISTEMA DE MORDAZAS	4	5	5	100
F5	Descalibración del sistema electrónico de la PLEGADORA FINAL, los envases salen fallados y en calidad de broke.	8	7	5	280
F6	La UNIDAD DE SERVICIO no puede suministrar los materiales y repuestos requeridos.	8	4	5	160
F7	Defectos en sistema de transmisión y rodamientos mal lubricados, determina paralización de parte de la SECCIÓN DE CONDUCTOR TRANSPORTADOR.	10	5	7	350
F8	Paraliza la UNIDAD DE EMPALME AUTOMÁTICO.	7	8	4	224
F9	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de envasado	6	3	4	72
F10	Desgaste de brazos distribuidores de la SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN	6	5	6	180
F11	Grietas de buje de goma de la barra de torsión del sistema del AGRUPADOR	8	7	5	280
F12	Grietas del buje de goma de la barra centra del EMPUJADOR	8	7	5	280
F13	La falta en ALMACEN DE PELÍCULA, produce desordenamiento en mesa y falla de componentes.	6	4	4	96
F14	Rotura del caucho de la válvula de aire del sistema de UNIDAD DE SELLADO	9	5	6	270
F15	Desgaste de brazos distribuidores de la UNIDAD DE DESCARGA	6	5	6	180
F16	Falta de hermeticidad en el ARMARIO ELÉCTRICO de la sección de agrupadora.	6	3	4	72
F17	Fuga en el sistema de fuelles de la UNIDAD DE RETRACTILADO,	8	7	7	392
F18	Fricción en brazos del BASTIDOR DE MÀQUINA	8	7	5	280

Finalmente, podemos decir que 10 fallas son indeseables (55.56%), 04 fallas son reducibles a deseables (22.22%) y 04 fallas son aceptables (22.22%)

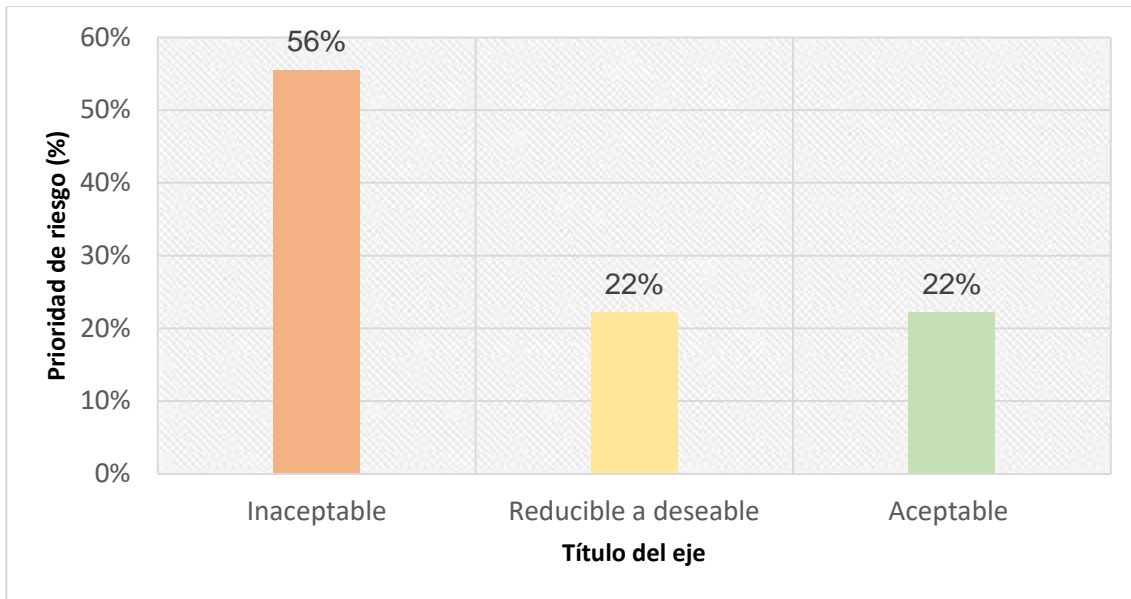




Figura 12 Resultado de numero de prioridad de riesgos.

Fuente: Propia

3.2. Plan de mantenimiento de la línea TBA22

Iniciaremos el diseño del plan de mantenimiento usando el método instrucciones de los fabricantes y protocolos de mantenimiento, que parten de la idea de que los equipos se pueden agrupar por tipos, y a cada tipo le corresponde la realización de una serie de tareas con independencia de quien sea el fabricante.

3.2.1 Plan de mantenimiento preventivo:

PROGRAMA ANUAL DE MANTTO PREVENTIVO 52 SEMANA

AREA :TETRAPAK

AÑO 2017

Legenda :

MANTTO REALIZA

ACTIVIDAD PENDING

ACTIVIDAD PROGR

MEJORA CONTRA

ITE	CAR	LINEA	EQUIPO	SISTEMA	CABECERA DE ORDEN	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	TIPO	Nº PLAN	PROXIMO MANTTO	
								3AP	FE	RES
1		TBA 22	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	MANTTO CAMARA ASEPTICA	LIMPIAR Y REVISAR ESTADO DE LOS RODILLOS Y EMPAQUETADURAS	MECANICO/ELECTRICO	1	4M	Nov-17
2		TBA 22	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	MITO SISTEMA DE LLENADO	MANTENIMIENTO VALVULA ABC, SISTEMA DE LLENADO, CAMBIO DE EMPAQUET	MECANICO/ELECTRICO	2	6M	Oct-17
3		TBA 22	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	MITO SISTEMA AIRE ESTERIL	Manten de motor, compresor,almibis, empaquetadura	MECANICO/ELECTRICO	3	2M	Oct-17
4		TBA 22	ENVASADORA	SUPERESTRUCTURA	MITO SISTEMA DE PEROXIDO	Manten de la bomba de peroxidoy Revisar el sistema de agua caliente , revisar las resisten	MECANICO/ELECTRICO	4	5M	Dic-17
5		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO SISTEMA NEUMATICO	Revisar mangueras, filtro y conectores	MECANICO/ELECTRICO	101	3M	Nov-17
6		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	INSPECCION FILTROS NEUMATICO	CAMBIAR FILTROS NEUMATICOS	MECANICO	102	0	Dic-17
7		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO MEDIDOR CONCENTRACION PEROXIDO	MITO MEDIDOR CONCENTRACION PEROXIDO	MECANICO/ELECTRICO	103	3M	Dic-17
8		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	INSPECCION FILTRO DE MEDIDOR DE PEROXIDO	REVISAR FILTRO	MECANICO	104	1M	Oct-17
9		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	CAMBIO BOMBA PEROXIDO	CAMBIO BOMBA PEROXIDO	MECANICO/ELECTRICO	105	2A	Dic-17
10		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO BOMBA PEROXIDO	MITO BOMBA PEROXIDO	MECANICO/ELECTRICO	106	6M	Jul-18
11		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	INSPECCION ACOPLE BOMBA DE PEROXIDO	INSPECCIONAR CONDICION DE ACOPLE	MECANICO	107	1M	Nov-17
12		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MANTTO MOTOR DE BOMBA DE PEROXIDO	CAMBIO DE RODAMIENTO, BARNIZADO, BALANCEADO , REVISION DE TAPAS	MECANICO/ELECTRICO	108	A	Jul-18
13		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO BOMBA LIMPIEZA EXTERNA	Manten de la Bomba, Valvulas y tuberias	MECANICO/ELECTRICO	109	A	Dic-17
14		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO TRANSPORTADOR DE RESIDUOS	Revisar motordetector, acople ,bolsas y faja	MECANICO/ELECTRICO	110	6M	Ene-18
15		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MANTTO MOTOR TRANSP RESIDUOS	CAMBIO RODAMIENTOS ,BARNIZADO, EMBOCINADO, BALANCEO	MECANICO/ELECTRICO	111	A	Ene-18
16		TBA 22	ENVASADORA	BASTIDOR DE MAQUINA	MITO BOMBA DE LUBRICACION	CAMBIO DE COMPONENTES, VALVULAS , SENSORES DE NIVEL	MECANICO/ELECTRICO	112	6M	Feb-18

Figura 13 Estructura de plan de mantenimiento de la envasadora TBA22

Fuente: Leyenda de Mantenimiento planta Lindley

INDLEY

ARCA CONTINENTAL

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MHTT CÁMARA ASEPTICA

TIPO DE TRABAJO
MECANICO/ELECTRICO



LINEA: TBA22
EQUIPO: ENVASADORA
SISTEMA: SUPERESTRUCTURA

PLANT: 1
PREC: 4 MESES

IMAGEN REFERENCIAL		REF	DESCRIPCION	BP	CTB	SAP	QNT	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD
<div><div>A Tetra Pak</div><div><div><div>ASEPTIC CHAMBER</div><div></div></div></div><div><div>1-6 (1/2)</div><div>Drawing No. 17112-01-1-01-002</div></div></div> <div><div>CYLINDER ROLLER (A)</div><div>BALL (B)</div><div>MOVABLE FORMING RING(C)</div><div>LOWER FORMING RING(D)</div><div>UPPER FORMING RING(E)</div><div>FORMING RING(F)</div><div>RAPER GUIDE (G)</div><div>DRIVER CALSIDER (H)</div></div>		A	FLANGE BUSHING, 15X17X12 MM	98148-8255	4	98148-8255		<div><div></div><div>STATUS DE ANEXOS</div></div>
		A	FLANGE BUSHING, 15X15X11 MM	98148-8256	2	98148-8256		
		A	FLANGE BUSHING, 15X14X7 MM	98148-8257	2	98148-8257		
		A	BALL BEARING, 15X35X11 MM	98148-8258	2	98148-8258		
		A	DOUBLE ACTING, MINI-ISO, CYL. 32-100	98148-8259	1	98148-8259	EVALUAR	
		A	ELBOW PIPE JOINT, EXT. THREAD, 3/4-10MM-G1/8	98148-8260	2	98148-8260		
		A	SEMI-ISO BRACKET FOR CYL. 32	98148-8261	1	98148-8261		
		A	SEMI-ISO 3/16-1/16-1/4 ADAPTER RING	98148-8262	1	98148-8262		
		C	FLANGE BUSHING, 15X12X10 MM	98148-8263	1	98148-8263		
		C	FLANGE BUSHING, 15X17X12 MM	98148-8264	1	98148-8264		
		C	RADIAL SEAL 15X12X12 MM DUST LIP	98148-8265	1	98148-8265		
		C	BUSHING, 15X12X12 MM	98148-8266	1	98148-8266		
		C	BUSHING, 15X12X12 MM	98148-8267	1	98148-8267		
		C	STEP MOTOR E22M1Y-1000-MS-02	98148-8268	1	98148-8268		
		C	FORMING ROLLER	98148-8269	2	98148-8269		
		C	WASHER	98148-8270	10	98148-8270		
		C	FLANGE BUSHING	98148-8271	4	98148-8271		
		D	FLANGE BUSHING, 15X12X10 MM	98148-8272	1	98148-8272		
		D	WASHER	98148-8273	10	98148-8273		
		D	SHAFT	98148-8274	4	98148-8274		
		D	SHAFT	98148-8275	1	98148-8275		
		D	ROLL	98148-8276	1	98148-8276		
		D	WASHER	98148-8277	1	98148-8277		
		E	FLANGE BUSHING, 15X12X10 MM	98148-8278	2	98148-8278		
		E	SHAFT	98148-8279	1	98148-8279		
		E	WASHER	98148-8280	4	98148-8280		
		E	SHAFT	98148-8281	2	98148-8281		
		F	FLANGE BUSHING, 15X12X10 MM	98148-8282	12	98148-8282		
		F	WASHER	98148-8283	12	98148-8283		
		F	SHAFT	98148-8284	2	98148-8284		
		F	SHAFT	98148-8285	4	98148-8285		
		G	BALL BEARING, 15X35X11 MM	98148-8286	2	98148-8286		
		G	RETAINING RING FOR BORE DIM 47.2 35 42	98148-8287	2	98148-8287		
		H	BALL BEARING SOLID OIL 15X12X12 MM	98148-8288	2	98148-8288		
		H	SHAFT COUPLING	98148-8289	1	98148-8289		
		H	GEARS, WORM MOTOR 00M128-0000	98148-8290	1	98148-8290	EVALUAR	
		I	BALL BEARING, 15X35X11 MM	98148-8291	2	98148-8291		
		I	RETAINING RING FOR BORE DIM 47.2 35 42	98148-8292	2	98148-8292		
		I	FLANGE BUSHING, 15X17X12 MM	98148-8293	2	98148-8293		
		I	DOUBLE ACTING, MINI-ISO, CYL. 16-38	98148-8294	1	98148-8294	EVALUAR	
		I	STRAIGHT COUPLING	98148-8295	2	98148-8295		
		I	PROX. SENSOR, E2EC-X2M1-01M	98148-8296	1	98148-8296		
		J	TRANSFORMER	98148-8297	1	98148-8297	EVALUAR	
		J	ELBOW 3/8 COUPL. EXT. THREAD 3/8-16N"	98148-8298	2	98148-8298		
		J	TUBE 8MM PA BLACK	98148-8299	1	98148-8299		
		J	BUSHING	98148-8300	1	98148-8300	EVALUAR	
		J	INDUCTOR	98148-8301	1	98148-8301	EVALUAR	
		K	SEMI-ISO	98148-8302	2	98148-8302		
		K	CYLINDER	98148-8303	1	98148-8303	EVALUAR	
		K	FLANGE BUSHING, 15X17X12 MM	98148-8304	1	98148-8304		
		K	BUSHING	98148-8305	1	98148-8305		


Figura 14 Componentes del plan de mantenimiento de la cámara aséptica de la envasadora TBA22

Fuente: Manual de Mantenimiento Tetrapak

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
 MTTO SISTEMA DE LLENADO

TIPO DE TRABAJO
 MECANICO/ELECTRICO



LINEA: TBA 22
 EQUIPO: ENVASADORA
 SISTEMA: SUPERESTRUCTURA

PLAN N° 2
 FREC: 3 MESES

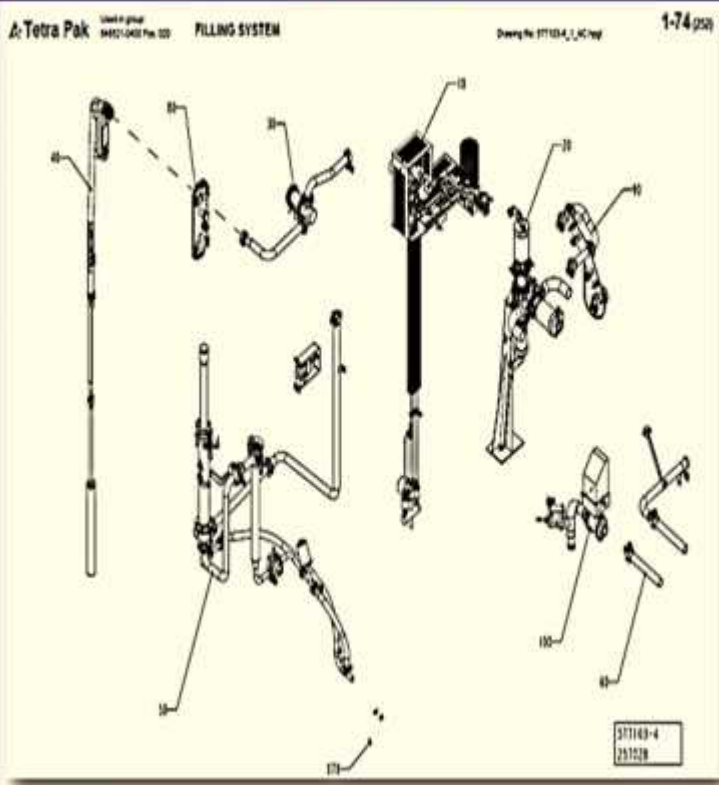








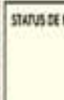
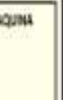


IMAGEN REFERENCIAL		REF	DESCIPCION	NP	CTO	SAP	OBJ	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	
<div> <div> <div>A: Tetra Pak</div> <div> Used in plant 04071-0407 Pac 120 </div> </div> <div> FILLING SYSTEM </div> <div> Drawing No: 371123-4_1_02.rwp </div> <div> 1-74 (2/2) </div>  <div> 371143-4 251228 </div> <div> CLEANING PIPE (A) </div> </div>		A	V-RING 45X55X13 MM V-500	315220-0100	1	175053			
		A	O-RING 18,12X2,62 MM	315201-0514	1	52882			
		B	GASKET	539202-0000	1	114507			
		B	GASKET 75X85X3,8 MM 3" FDA 3-A	30201-0363	1	114495			
		B	GASKET 53X63X3,8 MM 2,5" FDA 3-A	30201-0365	1	114488			
		B	SEAL RING	2826441-0000	1	114861	VALVULA A		
		B	DIAPHRAGM	533163-0000	1	14448	VALVULA A		
		B	RING	440655-0000	1	126033	VALVULA A		
		B	WASHER	54166-0000	1	126036	VALVULA A		
		B	ROD SEAL GLIDORING 20X27,5X3 MM	30031-0237	2	10633	VALVULA A		
		B	WEAR RING 20X22X10 MM	30031-0238	2	111944	VALVULA A		
		B	SPACER	576443-0000	1	16210	VALVULA A		
		B	LOCKING WAE IS	315754-0113	2	114868	VALVULA A		
		B	O-RING 19,2X3 MM	315204-0215	1	114415	VALVULA A		
		B	PISTON SEAL GLIDE RING 75X90X4 MM	30031-0336	1	121464	VALVULA A		
		B	COMPRESSION SPRING	440662-0000	1	126034	VALVULA A		
		B	SPACER	576448-0000	1		VALVULA A		
		B	O-RING 84,5X3 MM	315202-0308	1	114878	VALVULA A		
		B	SLEEVE	553607-0000	1		VALVULA A		
		B	SCREW 1201 M5X8 A4	312025-0323	1		VALVULA A		
		B	SEAL RING	2826440-0000	1	15913	VALVULA B		
		B	O-RING 19,2X3 MM	315204-0215	2	114415	VALVULA B		
		B	O-RING 49,5X3 MM	315204-0301	1	114377	VALVULA B		
		B	ROD SEAL GLIDORING 20X27,5X3 MM	30031-0237	3	10633	VALVULA B		
		B	WEAR RING 20X22X10 MM	30031-0238	2	111944	VALVULA B		
		B	LOCKING WAE IS	315754-0113	2	114868	VALVULA B		
		B	O-RING 19,2X3 MM	315204-0215	2	114415	VALVULA B		
		B	PISTON	576445-0000	1		VALVULA B		
		B	PISTON SEAL GLIDE RING 62,5X70X3 MM	30031-0335	1	121463	VALVULA B		
		B	COMPRESSION SPRING	440662-0000	1	126039	VALVULA B		
		B	SPACER	576431-0000	1		VALVULA B		
		B	O-RING 64,5X3 MM	315202-0304	1	114373	VALVULA B		
		B	SLEEVE	553607-0000	1		VALVULA B		
		B	SEAL RING	2826441-0000	3	114861	VALVULA C		
		B	RING	530539-0000	2	146388	VALVULA C		
		B	WAE O-RING	530538-0000	1		VALVULA C		

Figura 15 Componentes del plan de mantenimiento del sistema de llenado de la envasadora TBA22

Fuente: Manual de Mantenimiento Tetrapak

3.2.2 Plan de mantenimiento autónomo


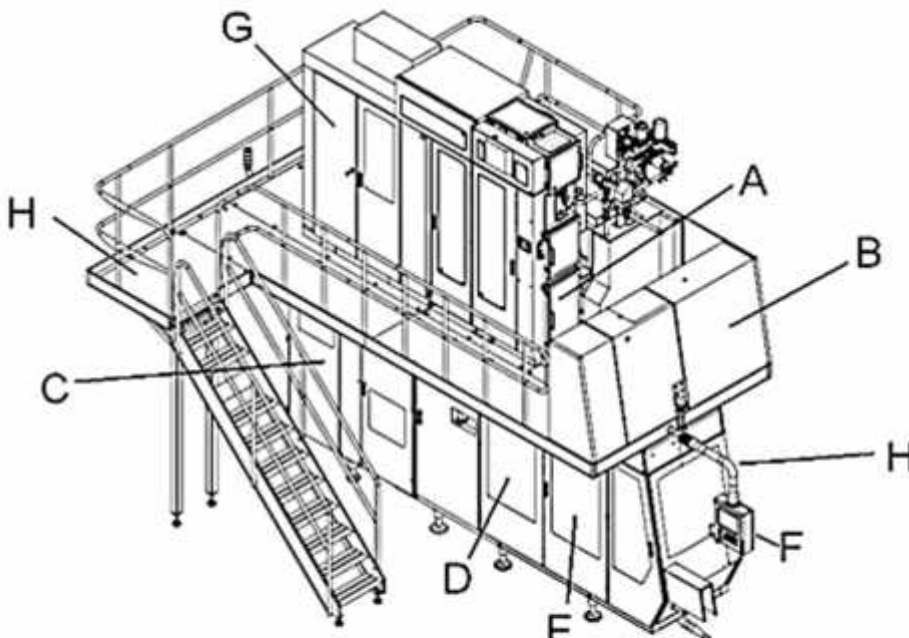
<div>  </div> <div> MANTENIMIENTO AUTÓNOMO SEMANAL ENVASADORA TBA 22 </div> <div> PLAN N° 1 </div>	
ACTIVIDADES	IMAGEN DE REFERENCIA
<p>RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO:</p> <p>En la figura se muestra las siguientes unidades del equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Superestructura (Cámara aséptica). B. Unidad de servicio. C. Unidad ASU (Automatic Splicing Unit). D. Sistema de mordazas. E. Plegador final. F. Panel TPOP (Tetra Pak Operation Panel). G. Armario eléctrico. H. Bastidor de la máquina. 	

Figura 16 Estructura de plan de mantenimiento autónomo de la envasadora TBA22

Fuente: Manual de Mantenimiento Tetrapak



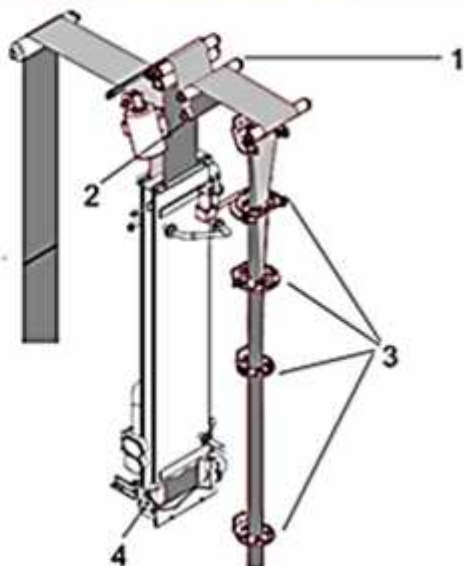

 		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO SEMANAL ENVASADORA TBA 22		PLAN N° 1	
ACTIVIDADES		IMAGEN DE REFERENCIA		EPP'S	
<u>SUPERESTRUCTURA</u> INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS RODILLOS DE LA CAMARA ASÉPTICA: <ul style="list-style-type: none">• Trasladarse a la parte superior de la máquina donde se encuentra ubicada la cámara aséptica, abrir compuertas.• Limpiar los rodillos escurridor (1), péndulo (2), dobladores y los anillos formadores (3). Enjuagar con agua y secar. Comprobar que la superficie de los rodillos no este dañada y asegurarse que giren libremente en ambos sentidos.• Retirar con una llave mixta de 13mm los pernos de la tapa del baño de peróxido, Revisar el rodillo (4), bocinas y empaques. Realizar cambios si se requiere. Montar y apretar los tornillos.				 ESTADO DE LA MÁQUINA Alimentación principal: OFF Vapor: ON Agua: OFF Aire: OFF	
		HERRAMIENTAS <ul style="list-style-type: none">- Llave mixta 13.- Juego de llaves Allen.- Llave mixta de 10mm.- Destornillador plano.	MATERIALES <ul style="list-style-type: none">- Esponja.- Solución alcohólica.- Lija fina.	DURACIÓN Y PERSONAL Duración: 60 Personal: 01 Maquinista	

Figura 17 Inspección y limpieza de los rodillos de la cámara aséptica envasadora TBA 22.

Fuente: Manual de Mantenimiento Tetrapak

3.2.3. Indicadores del mantenimiento en estado de mejora con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad basado en el AMEF

Se estima según el NPR, se resolverán el 55.56% de todas las fallas existentes de toda la línea de producción TBA22 de TETRA PAK; existiendo aun el 44.44% de fallas entre deseables y aceptables.

Tabla 33 Tiempos y cantidad de fallas promedios

Línea de Producción TBA22 Tetra Pak	MTBF (tiempo promedio para fallar)	MTTR (tiempo promedio para reparar)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)
Valor acumulado	156	34	82.00	65.42
Valor de meta (KPI)	223	30	88.00	80.00
Valor actual	174.89	15.11	91.36	99.61

Fuente: propia

Para determinar el resultado ACTUAL:

$$MTTR = 34 * 0.4444 = 15.11$$

$$MTBF = (34 - 15.11) + 156 = 174.89 \text{ horas/mes;}$$

$$C(t) = e^{\left(\frac{-\lambda * t}{1}\right)} * 1 \quad .$$

Bajo esta metodología se determinó cada MTTR; MTBF y C(t) ACTUALES.

3.3. Análisis económico usando sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad

3.3.1. Beneficios económicos en reducción de horas pérdidas:

Tabla 34 Beneficio en reducción de horas perdidas la línea de producción TBA22 de TETRA PAK.

Línea de Producción TBA22 de Tetra Pak empresa Lindley S.A.	MTTR actual (Hrs/mes)	MTTR mejora (Hrs/mes)	Ahorro en horas perdidas (Hrs/mes)	Costos de operación (N.S/mes)	Ahorro (N.S/mes)
Línea Produccion TBA22 Tetra Pak	34	15.11	18.89	185	3495

Fuente: Elaboracion propia

El beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es:

$$B_{af} = 41\,940.00 \frac{\text{N.S}}{\text{año}} * 3 \text{ líneas de producción} = 98\,000 \frac{\text{N.S}}{\text{año}}$$

3.3.2. Costos para la implementación del mantenimiento autónomo/predictivo

Tabla 35 Costos en mantenimientos autónomo / predictivo en la línea de producción TBA22 de TETRA PAK.

Acción	Frecuencia (veces/año)	Costo unitario (n.s)	Costo total (n.s/año)
Análisis de aceite	50	15.00	750
Análisis vibracional en rodamientos	50	15.00	750
Análisis termo gráfico	100	10.00	1000
Total			2 500.00

Fuente: Elaboracion propia

3.4.3. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo

Tabla 36 Costos en mantenimiento preventivo en la línea de producción TBA22

Repuestos	Cantidad	Unidad	Precio unitario (n.s/año)	Precio total (n.s/año)
Tanque de aceite 90	60	Gal	37.24	4468.80
Tanque de aceite 10W-30 Ursa Premium TDX	60	Gal	34.72	4166.40
Aceite Rouxdex3	30	Gal	61.04	3662.40
Tanque de Lubricante para transportador de cadena plana	130	Gal	31.92	4149.60
Grasa multi EP	180	lbs	9.072	1632.96
Empaquetaduras	15	lbs	102.50	1537.50
Bomba Peróxido	2	Unid	455.00	910.00
Refrigerante	15	Gal	28	420.00
Rodamientos, barnices, balanceo dinámico de Motor Transportador de residuos	2	Jgo.	1025.65	2051.30
O'rings para pistones sist. llenado	4	Kit	65.40	261.60
Filtro de aire PA 2005	5	Unid.	70	350.00
Filtro de aire Baldwin PA 3810	6	Unid.	143.36	860.16
Filtro de aire Baldwin 1894	6	Unid.	103.936	623.616
Filtro separador de agua Racor 2040T	7	Unid.	11.9	83.3
Filtro separador de agua 5501/BFT 7699-D	7	Unid.	15.288	107.016
Filtro de aceite BD 7154	7	Unid.	99.176	694.232
Filtro de aceite BD 7006	7	Unid.	71.26	498.82
Spacer . sleeve – o'rings para válvulas	12	Kit	82.35	988.20
Compression spring - válvula	6	Jgo.	174.3	1045.80
Total				28511.704

Fuente : Elaboración propia

3.4.4. Beneficio útil:

Tabla 37 Resumen de los costos de mantenimiento

Ahorro en horas perdidas	+ 94809.00 N. S/año
Costos preventivos	- 28511.70 N. S/año
Costos predictivos	- 2500.00 N. S/año
Beneficio útil	63797.30 N. S/año

Fuente: Elaboracion propia

3.4.5. Inversión en tecnología para la implementación del RCM basado en el AMEF

Tabla 38 Inversión en activos fijos

Activos fijos	Unidad	Valor unitario (n.s)	Valor total (n.s)
Vibrómetro PCE-VD 3	2	8000.00	8000.00
Cámara termográfica PCE-TC 31.	1	5000.00	5000.00
Banco de aceite para análisis PODS	1	25000.00	25000.00
Instrucción al personal	10	150	1500.00
Costo total			39500.00

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Retorno operacional de la inversión

$$R. O. I = \frac{\text{Inversion inicial}}{\text{Beneficio util}}$$

$$R. O. I = \frac{39500.00 \text{ N. S}}{63797.30 \text{ N. S/año}}$$

$$R. O. I = 0.62 \text{ años} \approx 7.44 \text{ meses}$$

IV. DISCUSION

- **En contrastación con el Primer Trabajo Previo, el artículo “Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España” (Goti, 2008), donde se manifiesta “Es necesario establecer las bases de un sistema de gestión de mantenimiento que sirva para recopilar, analizar y estudiar las actividades realizadas, siendo imprescindible el desarrollo de ésta”, coincidimos en la concepción misma de lo que significa Gestión de Mantenimiento, ya que se parte de una evaluación, se continúa con identificación de partes críticas, fallas preponderantes y se procesa toda la**

información relacionándola con los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, antes y después de los Planes.

- **Respecto al estudio de Steinko, se discute que sólo sean de importancia los tiempos totales de producción y las tasas de rotación del inmovilizado como factor directo de la eficiencia global de los procesos, puesto que asume que el papel del mantenimiento es sólo el de reparar las máquinas lo “mejor posible” y en el menor tiempo; lo que es completamente errado desde el punto de vista actual del Mantenimiento, pues ahora es parte integrante y a nivel horizontal con la producción puesto que tiene la misma importancia y responsabilidad compartida en el desarrollo de la productividad de la empresa, bajo la ideología de “sin gestión de mantenimiento, y sin producción, no hay buena productividad empresarial”.**
- **Comparativamente con la investigación de Sandra, 2006, se toma en consideración el avance de mantenimiento preventivo en empresas del mismo rubro que la nuestra, se valora la identificación de fases del proceso de envasado tetra pack y la composición por áreas de la cadena productiva que, en líneas generales es coincidente con la empresa Lindley, materia de la presente tesis.**
- **En consideración al estudio “Manual de mantenimiento preventivo para los equipos auxiliares de la Planta de Vapor T-6 de la empresa”, presentado por Briceño, 1995, lo estimamos como precursor del significado moderno de Sistemas de Gestión de Mantenimiento, ya que aporta la importancia de establecer mecanismos para conservar y mantener los equipos en condiciones máximas de calidad, libre de pérdidas y minimizando costos, acorde con lo estipulado en nuestra investigación.**
- **Punto aparte, merece la contrastación con la investigación de Pérez Bolívar & Tuesta Yliquin, 2014, pues su objetivo apunta a proponer mejoras para reducir las paradas imprevistas e incrementar la disponibilidad de la empresa; utiliza evaluación, lo que mal denomina como “diagnóstico”, recopila información y presenta indicadores iniciales alrededor de 88% en confiabilidad, que pueden ser mejorados utilizando el TPM**

(Mantenimiento Productivo Total), pero no alcanza a proyectarlos como sí hemos realizado en nuestra investigación, desde horizontes del 65% iniciales, meta de 80%, hasta proyectado del 99.61% final.

- En el ámbito local, se ha presentado como antecedente el trabajo desarrollado por Rodríguez Marco (2017), cuya tesis UCV denominada “Aplicación de un Sistema de mantenimiento en la columna de estrellas monotec de la máquina sopladora, para mejorar la productividad de bebidas gasificadas de la empresa Corporación Lindley S.A. Trujillo”, en el cual ha diseñado un Plan de Mantenimiento para el equipo PET (“cuello de botella”) de la fábrica moderna Lindley de Trujillo, determinando variaciones en indicadores del orden de 88% a 91%, de 83.5% a 89.15% y de 25 Hrs. A 15 Hrs., correspondientes a disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en situaciones de antes y después del Plan de Mantenimiento. Este antecedente guarda bastante similitud con los índices logrados en nuestro presente estudio ya que hemos proyectado nuestros indicadores hasta una disponibilidad del 91% y una confiabilidad del 99.61%.
- Finalmente, en comparación al estudio de Suárez, Augusto (2017) titulado Gestión de Mantenimiento en los transportadores de las cajas de cerveza en la línea de envasado N° 3 de una planta embotelladora de bebidas de Motupe, se coincide no sólo en el rubro empresarial, sino en las concepciones generales de Sistema de Gestión de Mantenimiento y su proceso desde la adquisición de repuestos e insumos, auditoria al mantenimiento, generación de formatos, órdenes de trabajo, etc., así como la generación de indicadores de tiempos entre fallas, disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad; sin embargo esta investigación no está completa, pues no trata sobre la parte económica ni costos que significa la implementación de un sistema de Gestión de Mantenimiento, como sí la hemos realizado en esta tesis.

V. CONCLUSIONES

1. La evaluación de los KPI muestran que la eficiencia mecánica global de la líneas de envasado Tetra Pack es del 82.40%; el Tiempo Medio entre fallas global fue del 1.67 Hrs./falla; el Tiempo medio para reparar global, de 0.34 Hrs/falla; Disponibilidad global de 82%; y Confiabilidad global de 65.42%. Asimismo, se identificaron

Presupuestos anuales base por repuestos y servicios, arrojando cifras del orden de los 3347.93 y 1542.65 soles/mes, respectivamente en valores reales.

2. Se han determinado las fallas funcionales, modo y efecto de fallas, resultados en los sistemas y subsistemas de los equipos de las líneas del área tetra pack, analizando la criticidad de la línea de producción TBA22 en base a datos de la web de “sistema de incidencia” y SAP, la información sobre el número de fallas según base de datos, tiempo para reparar TPR y se calculó el tiempo medio para reparar TMPR también los costos asociados al mantenimiento consecuencias a las fallas en los 6 meses en evaluación del 2018.
3. Asimismo, se seleccionaron en este análisis de criticidad a los equipos denominados Envasadora y Agupadora para el estudio de subestructura; y, finalmente, se realizó la aplicación del mantenimiento basado en el riesgo basado en el AMEF, en cuyas hojas de información se desarrollaron funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla de todos los items correspondientes a los procesos de envasado y agrupad; y, el análisis de prioridad de riesgos, con valoraciones de gravedad, .ocurrencia y derivación (GOD) resultando que el índice de prioridad de riesgos, fue del 55.56% para el item indeseables y del 44.4% correspondientes a reducibles y aceptables.
4. Se ha elaborado un Sistema de Gestión de Mantenimiento, en base Programa anual de MP del área Tetrapak 2017, para las máquinas críticas indicadas y establecidas en el SAP de la empresa, dándose a conocer como actividades el reconocimiento de los equipos, componentes del plan de mantenimiento, estructura y superestructura.
5. La aplicación y proyección del Plan, se han realizado en base a los indicadores de mantenimiento, post mejora, de acuerdo al NPR y derivandose de los valores acumulados iniciales; se observa que los nuevos indicadores, superan incluso a los valores meta de los

KPI iniciales, pues ahora tendremos sencillamente porque se identifican y deslindan las fallas indeseables del NPR.

6. El analisis y la aplicación del sistema de mantenimiento permite afirmar que la aplicación de los KPI en la linea de envasado Tetra Pack de Arcacontinental-Lindley Planta Zarate en el 2018 le permitiò un beneficio economico en ahorro por reducciòn de fallas de alrededor del **9 8 .0 $\frac{N.S}{año}$** ; por año un Beneficio útil: **10928.30 N. S/año**; y, un Costo total de **39500.00 NS/año**; por lo que el retorno de la inversión ROI, fue en 5 meses de operacion.

VI. RECOMENDACIONES

1. Verificar la aplicabilidad de los KPI a otros rubros de la empresa a fin de optimizar los procesos de toda la planta industrial
2. Determinar otros indicadores adicionales que permitan evaluar de manera integral a los componentes de cada equipo a evaluar.
3. El personal técnico de la línea de envasado tetra pak de la empresa ARCACONTINENTAL-LINDLEY PLANTA ZARATE 2018, deberá tener como prioridad la definición e interpretación de los indicadores de gestión de mantenimiento a fin de poder así reconocer los puntos críticos de los activos físicos de la maquinaria y así implantar posibles y futuros planes de mejoramiento del sistema de gestión de mantenimiento.
4. Realizarán todas las actividades que son involucradas en el sistema de gestión de mantenimiento basado en el análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) especialmente a todos los activos físicos críticos de la Planta, cumpliendo rigurosamente lo determinado en las hojas de decisiones del AMEF, con regularidad.
5. Se deberán efectuar búsquedas continuas, sobretodo inspecciones para afianzar el buen desempeño de los trabajos de mantenimiento y resultados conseguidos durante su aplicación del sistema de gestión de mantenimiento, basado en el AMEF.
6. Una vez implementado todo el sistema de gestión de mantenimiento; durante un intervalo de tiempo de 6 meses á 1 año, se sugiere re-analizar el estudio de los costos de mantenimiento respecto a las indicadores de TMBF y MTTR, costos en repuestos, nuevos equipos, etc. para lograr el beneficio planteado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDOYA C. (2014). *ISO 55000 Gestion de Activos*. Santo Domingo: Congreso Tecnico FICEM.

- BERNARDO J. (2010). *Procesos de Certificación PAS 55*. Instituto Peruano de Mantenimiento, Maracaibo.
- BRICEÑO, C., (1995). *Manual de mantenimiento preventivo para los equipos auxiliares de la Planta de Vapor T-6 de la empresa Maraven S.A.*
<http://www.utt.edu.mx/CatalogoUniversitario/imagenes/galeria/71A.pdf>.
- EGOITZ J., (05 de 11 de 2013). Recuperado el Noviembre de 2018, de www.elsevier/locate/procedia
- GARCIA S. (12 de 03 de 2012). *Renovetec*. Recuperado el Noviembre de 2018, de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>
- GARCIA, S. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. En S. Garcia.
- GOTI, E. et al (2009). Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España. Revista DYNA, vol 84 , N°3, pp 225-230
- GESTIOPOLIS. (Noviembre de 2007). *Gestiopolis*. Recuperado el octubre de 2018, de <https://www.gestiopolis.com>
- LINDLEY, A. C. (2018). *Reseña*. Lima.
- MOTUPE, G. (2017). *Zapata Sanchez, Jose Emiliano*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- PEREZ R., & Tuesta J. (2014). *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la Empresa Obrainza*. Universidad Nacional del Callao.
- RAYO P., (2011). *Preditec*. Recuperado el noviembre de 2018, de <http://www.preditec.com/notas-tecnicas/gestion-y-fiabilidad-del-mantenimiento/la-norma-pas-55/>
- SANDRA, L. A. (2006). *Implementación de un manual de mantenimiento preventivo para la línea de nectares envasado tetra pack*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- FERNADEZ, A., (1998). Cuadernos de estudios empresariales, ISSN 1131-6985, N° 8, 1998, págs. 125-147.
- CHIOUA M, BAUER M, LIANG S, SCHLAKE J, SCHMIDT W, THORNHILL N., (2015), Plant-wide root cause identification using plant key performance indicators (KPIs) with application to a paper machine. Journal Control Engineering Practice

SCHMIDT, B. y WANG, L (2018), "Predictive maintenance of machine tool linear axes: A Case from manufacturing industry. Journal Procedia Manufacturing 17 (2018) 118–125

MOUBRAY JHON, Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II), Industrial Press Inc, 1997, 1-21.

AMENDOLA A. LUIS, Retorno de inversion en la gestion de activos. España: Asset Management, 2011.

ANEXOS

A. ANEXO DE TABLAS

A.1. Criterios de evaluación del análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasi accidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Amendola, 2012.

Anexo A.2. Índices de riesgo o número de prioridad de riesgos NPR

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo, pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

Detección (dificultad de detección)	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Fuente: Moubray, 2004.

$I(R) \leq 125$	Falla Aceptable.
$125 < I(R) \leq 200$	Falla reducible a deseable.
$I(R) > 200$	Falla Indeseable.

Fuente: Moubray, 2004